



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Hugo Miguel Ribeiro Lopes

**Análise de sistemas de medição pela técnica  
Gage R&R: Estudo de caso na Bosch Car  
Multimedia**

Tese de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Paulo Alexandre da Costa Araújo Sampaio

Janeiro de 2020

## DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada. Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



**Atribuição-NãoComercial-SemDerivações**

**CC BY-NC-ND**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

## AGRADECIMENTOS

A realização deste projeto só se tornou realidade devido aos colegas e amigos que me suportaram durante toda esta etapa, aos quais gostaria de agradecer.

Queria agradecer á empresa *Bosch Car Multimedia Portugal S.A.* pela oportunidade concedida para a realização do estágio/projeto de dissertação em especial ao meu supervisor, Sr. António Vieira, que sempre me apoiou aquando da realização do projeto e tão bem me acolheu na sua equipa de *Quality Engineers*.

Queria agradecer a todos os meus colegas e amigos que conheci na empresa pelo suporte e pela magnífica integração em especial ao Miguel Fernandes, que além de colega se tornou um bom amigo, que me ajudou ao longo de todo o projeto.

Ao meu orientador, o professor Paulo Sampaio, pela orientação, pela recetividade e pela motivação que sempre demonstrou para comigo ao longo desta incansável jornada.

Por fim, aos meus familiares, à minha namorada e aos meus amigos, pelas palavras de incentivo, pelo apoio e pela compreensão das minhas ausências nestes últimos meses.

Muito obrigado a todos. Com vocês tudo se tornou mais fácil.

## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

## RESUMO

Atualmente as empresas do sector automóvel têm de estar preparadas para garantir a satisfação dos seus clientes, caso contrário acabam por ser ultrapassadas e perder os melhores projetos para os concorrentes. Os clientes estão cada vez mais exigentes com o intuito de adquirir produtos diferenciados e de qualidade.

A indústria automóvel e a sua evolução extraordinária ao longo dos últimos anos só foi possível através das metodologias de melhoria contínua e procura pela perfeição na produtividade e qualidade das empresas.

O presente projeto de dissertação realizou-se na empresa *Bosch Car Multimedia* e teve como objetivo responder a uma exigência de um cliente estratégico da empresa. Os clientes do sector automóvel cada vez mais precisam garantias de qualidade em relação aos seus produtos. Um dos requisitos mais importantes a par da funcionalidade é a própria cosmética do produto. Estamos num mundo em que as máquinas começam a substituir as pessoas em muitos postos de trabalho, porém na área da cosmética, o poder de decisão do Homem continua a ser muito importante.

Durante este projeto foram usadas algumas ferramentas da qualidade que permitiram conhecer os problemas mais frequentes e chegar a algumas das causas, o que permitiu algumas melhorias no processo com o intuito de diminuir a ocorrência dos mesmos.

Para verificar a capacidade do sistema de medição subjetivo dos colaboradores da linha foi realizada uma análise ao sistema de medição. Uma análise que permitiu estudar a variabilidade das decisões dos colaboradores que avaliam um produto cosmeticamente.

Verificou-se que o sistema de medição no geral era aceitável, contudo havia melhorias a ter em conta com três colaboradores.

## PALAVRAS-CHAVE

Ferramentas da qualidade, Análise ao Sistema de Medição, Atributos

## **ABSTRACT**

Automotive companies today have to be prepared to ensure customer satisfaction or they will eventually be outdone and lose the best customers to competitors. Customers are increasingly demanding in order to purchase differentiated and quality products.

The automotive industry and its extraordinary evolution over the last few years has only been possible through continuous improvement methodologies and striving for perfection in the productivity and quality of companies.

This dissertation project was held at Bosch Car Multimedia and aimed to meet a requirement of a strategic customer of the company. Customers increasingly need more quality assurance for their products, the most important requirements beside functionality is the product's cosmetics. We are in a world where machines are beginning to replace people in many tasks, but in the area of cosmetics, the decision-making power of man remains very important.

During this project, some quality tools were used to meet the most frequent problems and to reach some of the causes, which allowed some improvements in the process in order to reduce their occurrence.

To verify the capacity of the line employees' subjective measurement system, an measurement system analysis was performed. An analysis that allowed Bosch to study the variability of the decisions of employees who evaluate cosmetically the product.

The overall measurement system was found to be acceptable, but there were improvements to be taken into account with three employees.

## **KEYWORDS**

Quality Tools, Measurement System Analysis, Attributes

## ÍNDICE

Direitos de Autor e Condições de Utilização do Trabalho por Terceiros .....	II
Agradecimentos.....	III
Declaração de Integridade .....	IV
Resumo .....	V
Abstract.....	VI
Índice .....	VII
Índice de Figuras .....	IX
Índice de Tabelas.....	XI
Índice de Equações.....	XII
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	XIII
1. INTRODUÇÃO .....	2
1.1 Enquadramento e relevância do tema.....	2
1.2 Objetivos.....	5
1.3 Metodologia .....	6
1.4 Estrutura.....	7
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	10
2.1 Qualidade .....	10
2.2 Ferramentas da qualidade .....	11
2.3 Análise ao Sistema de Medição .....	14
2.3.1 Estudo da Repetibilidade e Reprodutibilidade.....	15
2.3.2 Preparação de um estudo de R&R .....	16
2.3.3 Procedimento de um Estudo R&R .....	17
2.3.4 Análise ao Sistema de Medição por atributos.....	18
3. A EMPRESA BOSCH CAR MULTIMEDIA .....	22
3.1 Grupo Bosch .....	22
3.2 Grupo Bosch em Portugal.....	23
3.3 Bosch Car Multimedia Portugal.....	24
3.4 Organização de MOE2 .....	26

4. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	29
4.1 Situação Inicial.....	29
4.2 Desafio do Cliente.....	29
4.3 Apresentação do produto .....	31
4.4 Apresentação do processo produtivo.....	32
5. ESTUDO DE CASO .....	36
5.1 Seleção das Amostras .....	36
5.2 Análise da Causa dos Defeitos.....	38
5.3 Melhorias para Redução dos Defeitos .....	40
5.3.1 Acondicionamento de material nas estações de trabalho .....	40
5.3.2 Estações Críticas de Montagem .....	41
5.3.3 Abastecimento do material .....	42
5.4 Análise ao Sistema de Medição por Atributos.....	42
5.4.1 Metodologia .....	42
5.4.2 MSA por Atributos - 1º turno .....	48
5.4.3 MSA por Atributos - 2º turno .....	53
5.4.4 MSA por Atributos - 4º turno .....	59
5.4.5 MSA por Atributos - 5º turno .....	65
5.5 Impacto do Trabalho Desenvolvido .....	70
6. CONCLUSÕES.....	74
6.1 Conclusões Gerais .....	74
6.2 Limitações e Dificuldades .....	75
6.3 Trabalho Futuro.....	76
Referências Bibliográficas .....	78
Anexo I – Especificações do Produto.....	81
Anexo II – Especificações do Produto .....	82
Anexo III – Folhas de Verificação / Dados MSA .....	83
Anexo IV – Folhas de Verificação .....	84
Anexo V – Folhas de Verificação .....	85
Anexo VI – Dados do MSA.....	86
Anexo VII – Diagrama de Pareto .....	87



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – 7 ferramentas básicas da qualidade .....	11
Figura 2 – Representação gráfica da Repetibilidade (AIAG,2010) .....	15
Figura 3 – Representação gráfica da Reprodutibilidade (AIAG,2010).....	15
Figura 4 – Representação gráfica de R&R .....	16
Figura 5 – Logótipo do Grupo Bosch.....	22
Figura 6 – Filosofia de Robert Bosch.....	22
Figura 7 – As quatro unidades de negócio do Grupo Bosch.....	23
Figura 8 - Representações do Grupo Bosch em Portugal .....	24
Figura 9 – Evolução do portefólio de produtos.....	25
Figura 10 – Divisão dos departamentos de produção e suas funções.....	26
Figura 11 – Carteira de clientes da empresa Bosch.....	26
Figura 12 – Variante do produto Daimler KIG 1.3 .....	31
Figura 13 – Vista explodida do produto Daimler KIG 1.3 .....	31
Figura 14 – Layout da linha 2DV2.....	32
Figura 15 – Fluxograma da linha 2DV2 .....	33
Figura 16 – Diagrama de SIPOC da linha 2DV2 .....	34
Figura 17 – Diagrama de causa e efeito dos defeitos cosméticos .....	38
Figura 18 – Acondicionamento dos ponteiros nas rampas de abastecimento da linha .....	39
Figura 19 – Marcas resultantes de colisões do produto com as estações de trabalho .....	39
Figura 20 – Acondicionamento do material (antes e depois) .....	40
Figura 21 – Exemplo de uma estação com proteção .....	41
Figura 22 – Posto de montagem com aspiração de partículas .....	41
Figura 23 – Rampa de abastecimento de front frames com proteção .....	42
Figura 24 – Defeito cosmético da Amostra 1 .....	44
Figura 25 – Defeito cosmético da Amostra 2 .....	44
Figura 26 – Defeito cosmético da Amostra 3 .....	44
Figura 27 – Defeito cosmético da Amostra 4 .....	45
Figura 28 – Defeito cosmético da Amostra 5 .....	45
Figura 29 – Defeito cosmético da Amostra 6 .....	45
Figura 30 – Defeito cosmético da Amostra 7 .....	46
Figura 31 – Defeito cosmético da Amostra 8 .....	46

Figura 32 – Defeito cosmético da Amostra 9 .....	46
Figura 33 – Defeito cosmético da Amostra 10 .....	47
Figura 34 – Defeito cosmético da Amostra 13 .....	47
Figura 35 – Defeito cosmético da Amostra 17 .....	47
Figura 36 – Resultados gráficos do MSA – 1º turno.....	48
Figura 37 – Resultados MSA - Within Appraisers – 1º turno .....	50
Figura 38 – Resultados MSA - Each Appraiser vs Standard – 1º turno .....	51
Figura 39 – Resultados MSA - Between Appraisers – 1º turno.....	52
Figura 40 – Resultados MSA - All Appraisers vs Standard – 1º turno .....	53
Figura 41 – Resultados gráficos do MSA – 2º turno.....	54
Figura 42 – Resultados MSA - Within Appraisers – 2º turno .....	56
Figura 43 - Resultados MSA - Each Appraiser vs Standard – 2º turno.....	57
Figura 44 – Resultados MSA - Between Appraisers – 2º turno.....	58
Figura 45 – Resultados MSA - All Appraisers vs Standard – 2º turno .....	59
Figura 46 – Resultados gráficos do MSA – 4º turno.....	60
Figura 47 – Resultados MSA - Within Appraisers – 4º turno .....	61
Figura 48 – Resultados MSA - Each Appraiser vs Standard – 4º turno .....	63
Figura 49 – Resultados MSA - Between Appraisers – 4º turno.....	64
Figura 50 – Resultados MSA - All Appraisers vs Standard – 4º turno .....	64
Figura 51 – Resultados gráficos do MSA – 5º turno.....	65
Figura 52 – Resultados MSA - Within Appraisers – 5º turno .....	67
Figura 53 – Resultados MSA - Each Appraiser vs Standard – 5º turno .....	68
Figura 54 – Resultados MSA - Between Appraisers – 5º turno.....	69
Figura 55 – Resultados MSA - All Appraisers vs Standard – 5º turno .....	70
Figura 56 – Standard MOE2 BOSCH CM - MSA.....	71

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Valores padrão para análise da eficácia.....	19
Tabela 2 – Resultados do gráfico de Pareto.....	37
Tabela 3 – Descrição do tipo de defeito de cada amostra.....	43

## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Formula representativa do R&R .....	16
Equação 2 – Método de cálculo do valor de Kappa .....	19
Equação 3 – Método de cálculo da eficácia do sistema de medição .....	19

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS**

AIAG – Automotive Industry Action Group

BrgP – Instalações Bosch em Braga

BSH - Bosch und Siemens Hausgeräte

CM – Car Multimedia

ESP - Programa eletrónico de estabilidade

FCT – Functional Circuit Test

IoT – Internet of Things

IQA – Instituto da Qualidade Automotiva

IRR – Internal Rejection Rate (Percentagem de Rejeição Interna)

ISO – Organização Internacional de Normalização

MF – Montagem Final

MOE – Manufacturing Operations Engineering

MSA – Measure System Analysis (Análise ao Sistema de Medição)

PAK – Estação de embalagem

QIM – Product Release and Quality Inspection Manufacturing

R&R – Repetibilidade e Reprodutibilidade

SGPS – Sociedade Gestora de Participações Sociais

SIPOC – Suppliers – Inputs – Process – Outputs – Customer

SUB – Estação subjetiva

0km – Reclamação oficial de um cliente

## Capítulo 1

---

# INTRODUÇÃO

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 Enquadramento e relevância do tema

Numa análise breve, podemos facilmente identificar algumas características que fazem “mover” os mercados contemporâneos. Com a evolução da economia, a realidade empresarial e de gestão foi sofrendo alterações, muitas delas potenciadas pelo aumento da competitividade entre as empresas. A existência de clientes cada vez mais exigentes obriga-as a superarem-se diariamente e a apostarem em disciplinas que anteriormente eram descuradas.

No que respeita ao conceito da qualidade, ao longo dos tempos muitas foram as definições aceites. Numa abordagem primária, Feigenbaun e Abbott defendiam que qualidade significava valor. Mais tarde, Juran atribuía qualidade a produtos/serviços que fossem adequados à utilização a que se destinavam e Crosby aos que estivessem em “conformidade com os requisitos” (Sila & Ebrahimpour, 2003). A grande evolução em termos conceptuais foi introduzida apenas na década de 80 por Gronroos e Parasuraman, que colocam a tónica principal da qualidade na opinião e satisfação do cliente (Sila & Ebrahimpour, 2003). Neste panorama, um número cada vez maior de empresas começou a assumir a qualidade dos serviços como estratégia para criar vantagens competitivas e melhorarem a sua performance (Gill, 2009).

Uma das ferramentas frequentemente utilizadas para se atingirem padrões de qualidade mais elevados é a Análise de Sistemas de Medição (MSA – Measurement Systems Analysis). Como em qualquer processo, o sistema de medição está sujeito a vários tipos de variações, que podem dever-se a causas comuns (inerentes ao próprio processo) e/ou a causas especiais (que podem ser corrigidas e/ou eliminadas) (Bayod, 2012). Slack et al. defendem que as variações que derivam das causas comuns nunca podem ser totalmente eliminadas, embora possam ser reduzidas (Bayod, 2012). Nestes casos, se essa variabilidade se mantiver constante, diz-se que o processo está sob controlo estatístico. Por outro lado, se a variabilidade for devido a causas especiais - por exemplo desgaste de ferramentas, matérias-primas inadequadas, métodos de trabalho incorretos ou erros humanos (Schissatti, 1998) - diz-se que o processo está fora de controlo (Bayod, 2012).

Para Rotondaro (2002), o objetivo da análise de um sistema de medição é compreender quais e como as fontes de variação podem influenciar os resultados de uma medição. Numa outra abordagem, pelo Manual de Referência do IQA (2004), a função básica do MSA apontada é a de verificar a adequação ou não do sistema de medição na avaliação ou controle de um determinado processo ou produto, e, em caso disso, identificar ainda as causas da não adequação do sistema. Para isso, aponta três questões que devem ser consideradas na avaliação de um sistema de medição: o sistema de medição deve ter estabilidade estatística, ou seja deve, deve variar apenas em função das causas comuns; as propriedades estatísticas (erros) devem ser consistentes ao longo do intervalo de medição esperado e adequadas ao propósito de medição; e, finalmente, a sensibilidade do sistema deve ser adequada, isto é, o instrumento de medição deve ter a sensibilidade de detetar mudanças no produto ou na variação do processo.

Ainda pelo Manual de Referência do IQA (2004), a avaliação de um sistema de medição deve ser realizada em duas fases. Primeiro, deve compreender-se o processo de medição, para percebermos se o sistema a utilizar irá satisfazer todas as exigências previstas. Nesta fase, devemos ser capazes de determinar se o sistema de medição possui as propriedades estatísticas necessárias e de descobrir quais poderão ser os fatores ambientais com potencial para influenciar significativamente o sistema de medição. Na segunda fase deve verificar-se se o sistema de medição, depois de já ter sido considerado aceitável, continua a apresentar as propriedades estatísticas apropriadas.

Para além das questões a considerar num estudo de MSA e das suas fases, o Manual de Referência do IQA (2004) apresenta ainda uma divisão em duas categorias no que respeita à variabilidade do sistema de medição: a Localização e a Dispersão; sendo que a primeira se refere à tendência, estabilidade e linearidade do sistema de medição, enquanto a segunda é referente à sua repetibilidade e reprodutibilidade, e à relação entre essas duas características - uma Análise de Sistemas de Medição que se debruce sobre a análise da sua variabilidade em termos de dispersão, é chamada de Gage R&R.

Segundo Werkema (1996), a repetibilidade corresponde à variação nos resultados obtidos quando um operador utiliza o mesmo instrumento para medir repetidas vezes a mesma característica dos mesmos itens. É conhecida como a variabilidade “do avaliador”. É uma variação de causa comum decorrente de sucessivas repetições feitas sob condições pré-



definidas de medição. Este tipo de estudo deve aplicar-se nos casos em que precisamos de conhecer se o sistema de medição apresenta repetibilidade nas suas leituras, ou seja, se repete as mesmas leituras quando utilizado várias vezes sob as mesmas condições.

A reprodutibilidade, por outro lado, aplica-se nos casos em que precisamos de conhecer a diferença de resultados gerados pelo sistema quando variamos de operadores. Como explica Werkema (1996), a reprodutibilidade de um instrumento de medição é a variação na média das medidas obtidas quando diferentes operadores utilizam o mesmo instrumento para medir repetidas vezes a mesma característica dos mesmos itens. Podemos dizer que a reprodutibilidade é a variação da repetibilidade entre operadores, característica decisiva para o desempenho do sistema de medição, pois na prática temos vários operadores inseridos num mesmo sistema de medição.

Por último, o Gage R&R corresponde à estimativa da variabilidade combinada da repetibilidade e da reprodutibilidade (Manual de Referência MSA, 2010). Por outras palavras, podemos dizer que um estudo deste tipo fornece informações sobre o desempenho do sistema de medição, analisando os erros de medição a partir de várias fontes (Kappele & Raffaldi, 2006). Se a variabilidade de um sistema é alta, isso pode significar que o produto que está a ser enviado para os clientes é de má qualidade, uma vez que o sistema de medição utilizado não é capaz de diferenciar peças boas de peças defeituosas (Kappele & Raffaldi, 2006). Por outro lado, esta situação pode também reduzir a rentabilidade, uma vez que peças boas poderão estar a ser dispensadas (Kappele & Raffaldi, 2006).

Para Montgomery e Runger (2003), os dados de medição podem ser obtidos a partir de várias formas, uma das quais, a partir de uma experiência planeada onde são simuladas variações nas características controladas do processo e obtidos os dados concretos que posteriormente poderemos utilizar para a tomada de decisões. Compreendendo os resultados, o sistema pode ser melhorado de forma a tornar-se confiável (Kappele & Raffaldi, 2006).

Idealmente, quando calculada a partir dos dados de medição num estudo, o Gage R&R seria zero, algo que numa situação real não é possível. Desta forma, o objetivo é fazer com que o resultado seja tão menor quanto possível em relação à tolerância, a diferença entre os limites de especificação superiores e inferiores (Kappele & Raffaldi, 2006). Se o estudo for bem-

sucedido, o sistema de medição será de confiança, resultando na capacidade de aceitar e rejeitar peças conforme e peças defeituosas, respetivamente (Kappele & Raffaldi, 2006).

Este projeto será desenvolvido em ambiente empresarial e está inserido no programa de estágio curricular que frequento na empresa *Bosch Car Multimedia* – Braga, no Departamento MOE2. A sua pertinência justifica-se pela exigência de um cliente que pretende ver melhoradas as suas garantias de qualidade.

### 1.2 Objetivos

O principal objetivo deste projeto é estabelecer padrões que facilitem a distinção de peças “boas” e “más”, de forma a correspondermos às expectativas do cliente, diminuindo as falhas e melhorando a qualidade e eficácia dos procedimentos. Neste sentido, e de forma a alcançar a execução de um trabalho consistente e bem fundamentado, começarei por fazer alguma pesquisa e revisão de bibliografia já existente acerca da evolução do conceito de qualidade e fundamentalmente acerca da mudança de paradigma que colocou o cliente como o decisor principal na hora da avaliação. Além disso, e tendo em conta as técnicas que serão utilizadas, farei também uma revisão bibliográfica acerca do “MSA” uma vez que o uso de uma ferramenta deste tipo envolve procedimentos específicos que, no caso de não serem inteiramente compreendidos, poderão provocar interferências nos resultados finais.

O objetivo principal deste projeto prevê o estabelecimento de padrões de inspeção e/ou trabalho que correspondam às exigências do cliente. Inerentemente, pretendo analisar também as seguintes alíneas:

- Perceber se os operadores são capazes de distinguir entre produtos aceitáveis e produtos defeituosos;
- Determinar se todos os operadores usam os mesmos critérios para decidir entre “bom” e “mau”;
- Quantificar a competência dos operadores para repetir com precisão as decisões de inspeção;

- Identificar de que forma os operadores se estão a submeter a um “padrão conhecido”, com que frequência são enviados para o cliente produtos defeituosos e com que frequência são rejeitados na produção produtos sem defeito;
- Descobrir áreas onde seja necessária formação, onde exista carência de procedimentos e áreas nas quais os padrões de aceitabilidade não estejam definidos.

### 1.3 Metodologia

Action Research (Investigação-ação) é a metodologia que aplicarei neste projeto, uma vez que é a que mais se adequa. Numa breve revisão acerca daquilo em que consiste, poderemos referenciar autores como Elden and Chisholm, Shanks et al., que defendem que a Investigação-ação está comprometida com a produção de novos conhecimentos através da procura de soluções e melhorias para as situações da vida real (McKay & Marshall, 2000). Trata-se de um tipo de investigação ativa que tem como objetivo não só a resolução de problemas, mas também a criação de conhecimento sobre o trabalho efetuado (Paul & David , 2002).

Susman & Evered (1978) defendem que a Action-research deve ser dividida em 5 etapas:

1. **Diagnóstico:** identificação e definição de um problema;

Neste caso específico que me proponho a estudar, o problema foi de facto o primeiro aspeto a ser identificado, uma vez que a sua análise me foi sugerida pela empresa com que colaboro.

2. **Planeamento de ações:** identificação de ações alternativas para resolver o problema identificado;

Relativamente a este aspeto, e após o estudo de alguma bibliografia especializada, sugeri que a ação que deveria ser implementada seria um estudo de Análise ao Sistema de Medição utilizado atualmente, mais especificamente, através de um estudo de Gage R&R, de forma a ser possível perceber as falhas nesse sistema.

3. **Implementação de ações:** seleção e implementação das ações mais adequadas;

Após a validação do tipo de estudo a desenvolver, será posto em prática um estudo de Repetibilidade e Reprodutibilidade, através de entrevistas repetidas com diferentes colaboradores que operam nas linhas de produção onde o problema foi detetado. Nestas entrevistas, os colaboradores serão confrontados com várias peças “boas” e “más” e deverão tentar distingui-las.

4. **Avaliação:** estudo das consequências das ações implementadas;

Após terminar a fase de entrevistas, estarei apto a compilar todos os resultados de forma a avaliar o sistema de medição com base em dados concretos.

5. **Aprendizagem:** identificação dos resultados obtidos e identificação de ações a implementar no futuro.

Finalmente, mediante a avaliação dos resultados, e depois de perceber as fragilidades do sistema de medição em estudo, compilarei algumas sugestões de melhoria e, em conjunto com a empresa, serão avaliadas de forma a podermos implementar as opções mais adequadas.

## 1.4 Estrutura

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos diferentes ao longo do documento, cujos conteúdos serão descritos seguidamente, de forma sucinta.

Neste capítulo é efetuada uma breve introdução, onde está exposto o enquadramento e relevância do tema do projeto, a definição do principal objetivo do trabalho, bem como os objetivos específicos a atingir na realização desse objetivo geral.

No Capítulo 2 são apresentados os conteúdos resultantes da pesquisa bibliográfica efetuada, onde é abordado o tema da qualidade, a evolução da sua definição até ao presente, as filosofias e ferramentas implementadas nesta dissertação e a análise aos sistemas de medição, focando os sistemas de medição por atributos.

No Capítulo 3, começa-se por fazer uma breve descrição da empresa a nível global e a nível nacional. São apresentadas as áreas de negócio do grupo, as suas divisões, os produtos e os

clientes da empresa *Bosch Car Multimedia* Portugal. É também apresentada a estrutura do departamento e secção onde este projeto se enquadra.

No Capítulo 4, é apresentado o problema, como surgiu a oportunidade de realizar este projeto. São ainda apresentados o produto e o seu processo, recorrendo-se a algumas ferramentas da qualidade para o efeito.

No Capítulo 5 apresenta-se o estudo de caso desenvolvido. É apresentada uma análise de Pareto, uma análise às causas dos defeitos detetados na análise anterior, são descritas ações de eliminação/controlo das causas identificadas, é ainda apresentada uma Análise ao Sistema de Medição.

Por fim, no último capítulo são apresentadas as conclusões gerais relativas ao trabalho desenvolvido, bem como sugestões para trabalho futuro.

## Capítulo 2

---

# FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Qualidade

No mercado global, cada organização compete com os seus concorrentes para vender o mesmo produto. Este princípio é válido independentemente do tipo de oferta, incluindo tanto os bens materiais como serviços ou a sua combinação. Assim, a sobrevivência de uma empresa depende da sua capacidade de ganhar e entusiasmar os clientes (Weckenmann, Akkasoglu, & Werner, 2015). A grande exigência dos clientes e a competição global tem forçado as empresas a melhorar de forma contínua o nível de qualidade dos seus produtos e serviços (Pesic, Milic, & Stankovic, 2012).

Existe uma extensa variedade de definições para qualidade. Quando se pretende definir o termo qualidade, as suas expectativas e necessidades dos clientes para o bem material ou serviço, devem ser incluídas nesta definição. Ao longo dos anos os vários intitulados de gurus da qualidade têm expressado através de várias formas essa ideia (Oakland, 1993). Segundo Deming (1990), “Qualidade é tudo aquilo que melhora o produto do ponto de vista do cliente. Somente o cliente é capaz de definir a qualidade de um produto. O conceito de qualidade muda de significado na mesma proporção em que as necessidades do cliente evoluem”. Para Crosby (1982), “Qualidade é conformidade com os requisitos do cliente”. A ausência de deficiências – ausência de erros que impliquem fazer novamente o trabalho (retrabalho) ou que resultem em defeitos de campo, insatisfação do cliente, reclamações, era a visão de Juran & Godfrey (1999). Segundo Ishikawa (1993), “Qualidade é desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto que é mais económico, mais útil e sempre satisfatório para o consumidor”.

Numa visão mais moderna, a ISO 9000 refere que “o grau com que um determinado conjunto de características existentes em algo corresponde aos requisitos” é a definição de qualidade que mais consenso reúne, ISO 9000 (Valls, 2004).

A qualidade pode também ser definida estatisticamente falando como o oposto da variabilidade. Esta é a razão pela qual por vezes não ser possível produzir as quantidades desejadas com as especificações corretas. Quando a variabilidade de uma característica diminui, a qualidade do produto relativamente a essa característica aumenta.

No processo produtivo a variabilidade está diretamente ligada com o desperdício, rejeição numa determinada característica do produto, mensurável ou subjetiva. A variabilidade não pode ser eliminada, mas pode ser conhecida e controlada, ou seja, qualidade de um processo produtivo resume-se á redução da variabilidade (Vieira, 2012).

## 2.2 Ferramentas da qualidade

Quando a qualidade é aprimorada, o custo diminui (menos retrabalho, menos erros, menos atrasos e melhor uso da máquina, tempo e material), quando o custo diminui a produtividade melhora, quando a produtividade melhora, as indústrias capturam o mercado com melhor qualidade e baixo preço e dessa maneira, os negócios são aprimorados e criam-se mais postos de trabalho (Deming W. , 1986).

Ferramentas e técnicas são métodos, habilidades, meios ou mecanismos práticos que podem ser aplicados a tarefas particulares. Entre outras coisas, elas são usadas para facilitar mudanças e melhorias positivas (McQuater, Scurr, Dale, & Hillman, 1995). O processo de melhoria continua de uma empresa tem por base o pressuposto de que as decisões, principalmente as que são tomadas pela equipa de engenheiros da qualidade e pela direção, são baseadas no recurso ao uso das ferramentas básicas da qualidade (Paliska, Pavletic, & Sokovic, 2007).

As ferramentas da qualidade mais populares são as 7 ferramentas básicas na Figura 1.



*Figura 1 – 7 ferramentas básicas da qualidade*



Na literatura, pode-se verificar dezenas de ferramentas da qualidade, umas mais genéricas, outras mais específicas para os problemas que estão a ser estudados e daí obter melhores resultados na melhoria da qualidade (Tarí & Sabater, 2004).

Nesta dissertação foram usadas as seguintes ferramentas da qualidade:

### **Fluxograma**

Representação gráfica ou simbólica do processo, mostrando todo o processo passo a passo do começo ao fim, como os elementos se inter-relacionam, caminhos alternativos que o processo pode tomar e como o processo traduz entradas em saídas.

Segundo Montgomery (2008), a grande vantagem das empresas ao recorrer aos fluxogramas para representar o processo é o facto de estes poderem ajudar na identificação de potenciais pontos de controlo e melhoria do processo.

### **SIPOC**

SIPOC é uma ferramenta qualitativa para documentar processos, a sua vantagem é o resumo das condições de fronteira de um processo em termos de fornecedores (Suppliers), entradas dos produtos ou serviços recebidos pelos clientes (Inputs), as atividades do processo (Process), as variáveis de saída (Outputs) e os clientes (Customers) (Pyzdek, 2003).

Como mencionado por Pyzdek (2003), um diagrama SIPOC é geralmente desenhado para mapear um processo em alto nível. No entanto, também pode ser usado para mapear um processo em níveis crescentes de detalhes (macroprocessos, mas também processos e subprocessos).

### **Análise de Pareto**

É referida como a “regra 80/20”, uma nomenclatura que popularizou um conceito económico complexo produzido por Vilfredo Pareto, um economista italiano do século XIX. Pareto observou um padrão de "desequilíbrio previsível", onde 80% da riqueza de Itália era mantida por 20% da população. Mais tarde, o princípio de Pareto foi desenvolvido por Juran em 1950. Um gráfico de Pareto é um tipo especial de histograma que pode ser facilmente aplicado para

encontrar e priorizar problemas de qualidade, condições ou suas causas na organização (Juran & Godfrey, 1999).

A análise de Pareto é uma técnica estatística usada na tomada de decisões para a seleção do número limitado de tarefas que produzem o efeito geral mais significativo. Usa o conceito baseado na identificação das 20% principais de causas que precisam ser abordadas para resolver 80% dos problemas.

### **Brainstorming**

O brainstorming tem uma variedade de significados populares. Por vezes é apelidado de discussão casual entre pessoas para troca de ideias. Algumas pessoas acreditam que o termo brainstorming é um tratamento universal para uma técnica criativa de resolução de problemas. O brainstorming é uma ferramenta para o desenvolvimento de pensamento criativo, tanto individualmente como em grupo para a resolução de problemas (Alshammari, 2015).

De acordo com o novo World College Dictionary de Webster, “Brainstorming é a oferta irrestrita de ideias ou sugestões por todos os membros de um comitê, conferência, etc., num esforço para encontrar uma solução para um problema, gerar novas ideias etc (Agnes, 2006).

### **Diagrama de causa e efeito**

O diagrama de causa e efeito foi desenvolvido pelo Dr. Kaoru Ishikawa em 1943. O diagrama também é conhecido por dois outros nomes que são diagrama de Ishikawa e diagrama “espinha de peixe” devido á sua forma que sugere o esqueleto de um peixe e serve para identificar problemas de qualidade com base no seu grau de importância (Neyestani, 2017).

Os diagramas causa e efeito são maioritariamente utilizados na análise de fatores relacionados a um problema e serve como auxílio para compreender melhor os fatores que podem causar o efeito gerado por esse problema (Montgomery D. , 2008)

### **Folhas de verificação**

As folhas de verificação são formulários simples com determinados formatos que podem ajudar o usuário a registrar dados num projeto sistematicamente. Os dados são "coletados e registrados" na folha de verificação para registrar a frequência de eventos específicos durante um dado

período. As folhas de verificação fornecem uma “consistente, eficaz e económica abordagem” que pode ser aplicada em auditorias para seguir as etapas de um processo específico. Além disso, a ferramenta ajuda o utilizador a organizar os dados para utilização posterior (Omachoru & Ross, 2004).

As principais vantagens das folhas de verificação são a facilidade de aplicação e entendimento geral, e o poder de oferecer uma imagem clara da situação e condição da organização. São ferramentas eficientes e poderosas para identificar frequentemente problemas, mas não têm capacidade efetiva para analisar o problema de qualidade (Kerzner, 2009).

### **2.3 Análise ao Sistema de Medição**

Um sistema de medição é o processo utilizado para obter valores através de qualquer tipo de medição. Um sistema é abrangido por instrumentos de medição bem como toda a estação de trabalho envolvida, os padrões que foram utilizados para calibrar os instrumentos, os operadores, as instruções de trabalho, métodos para a realização da medição, ambiente de trabalho, software e suposições usadas para quantificar a unidade de medição ou corrigir a avaliação da característica que está a ser usada (Automotive Industry Action Group (AIAG), 2010).

A qualidade dos dados de medição é definida pelas propriedades estatísticas de várias medições obtidas a partir de um sistema de medição estável. Se as medições estão todas aproximadas do valor nominal para a característica, então a qualidade dos dados medidos é considerada elevada (GOAL/QPC, 2002).

A variação do sistema de medição pode-se caracterizar pela Localização (Estabilidade, Tendência e Linearidade) e Dispersão (Repetibilidade e Reprodutibilidade). (Wang & Chien, 2010). Para efeito do estudo de caso apresentado nesta dissertação, serão descritos fatores relacionados á análise de repetibilidade e reprodutibilidade.

### 2.3.1 Estudo da Repetibilidade e Reprodutibilidade

Repetibilidade representa as variações das medições de um instrumento de medição, quando utilizado várias vezes, pelo mesmo operador para medir a mesma unidade. É a variação em sucessivas medições, num curto prazo, todas nas mesmas condições de trabalho (Automotive Industry Action Group (AIAG), 2010).

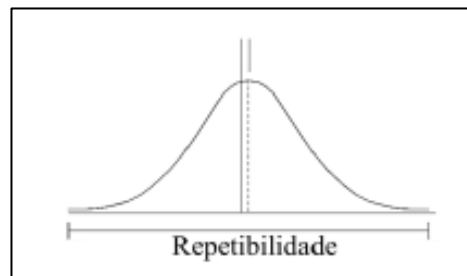


Figura 2 – Representação gráfica da Repetibilidade (AIAG,2010)

Reprodutibilidade representa a variação na média das medições realizadas por diferentes operadores, usando o mesmo instrumento de medição, para medir a mesma unidade. O avaliador é assim, a única variável que muda em relação á repetibilidade (Automotive Industry Action Group (AIAG), 2010).

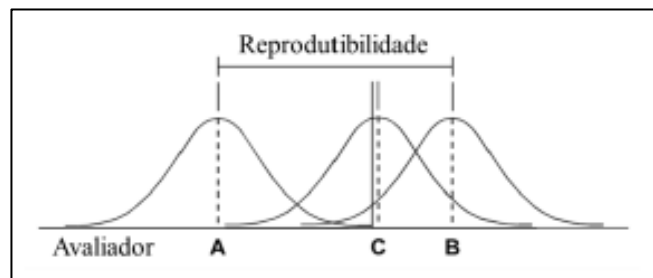
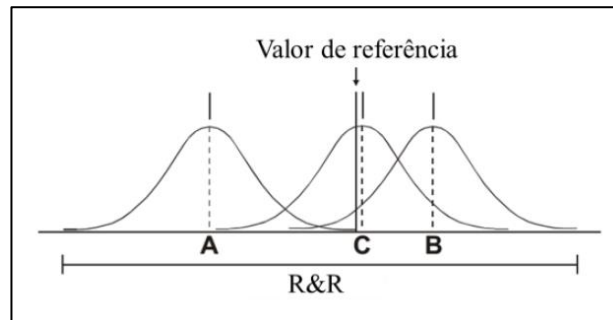


Figura 3 – Representação gráfica da Reprodutibilidade (AIAG,2010)

O R&R é uma estimativa da variação conjunta da repetibilidade e da reprodutibilidade de um sistema de medição (Automotive Industry Action Group (AIAG), 2010). Perante isto, o R&R é a variância resultante da soma das variâncias dentro do sistema e entre sistemas de medição, representado pela fórmula:

*Equação 1 – Formula representativa do R&R*

$$\sigma^2_{R\&R} = \sigma^2_{\text{Repetibilidade}} + \sigma^2_{\text{Reprodutibilidade}}$$



*Figura 4 – Representação gráfica de R&R*

A repetibilidade e a reprodutibilidade são técnicas que em conjunto ajudam a estudar um sistema de medição. Estas técnicas implicam o registo dos operadores que falham nas medições da análise e identificam os instrumentos de medição que não são adequados ao sistema (Feigenbaum, 1994).

### 2.3.2 Preparação de um estudo de R&R

Segundo o Manual de MSA (Automotive Industry Action Group (AIAG), 2010), o planeamento e preparação devem ser realizados antes de iniciar a análise ao sistema de medição. Seguindo o manual, uma preparação inclui:

- Seleção da pessoa responsável e condutora do estudo;
- Seleção dos operadores e quantificar os operadores que são necessários para o estudo;
- Os instrumentos de medição que serão utilizados pelos operadores. Todos os instrumentos devem estar em perfeitas condições de uso e devidamente calibrados contra padrões rastreáveis. Além disso, os instrumentos devem ter uma precisão de pelo menos um décimo da variação esperada pela grandeza a ser analisada, por exemplo, se a escala de variação de uma determinada característica é de 0,01 o instrumento deve ser capaz de medir uma escala de 0,001;
- As operações e o método de medição da grandeza avaliada devem ser garantidamente o mesmo;

- Definir as amostras que serão representativas do processo de produção, e definir o número de amostras necessárias para o estudo. Essas devem ser selecionadas aleatoriamente no processo produtivo, não sendo sequenciais;

De forma a obter resultados significativos, o número de amostras multiplicado pelo número de avaliadores deve ser pelo menos igual a dezasseis, por exemplo, se quatro operadores participarem do estudo, pelo menos quatro amostras serão necessárias. Quanto maior o número de amostras, maior a representatividade dos resultados (Abackerli, Pereira, Oliveira, & Miguel, 2015).

- Definir o número de repetições de medições;
- A criticidade da grandeza avaliada, sendo que, quanto mais crítica, mais amostras e repetições são requeridas. Deve-se levar em consideração também os requisitos dos clientes;
- Definir os valores nominais e limites de controlo das características medidas. Esses podem ser obtidos através dos requisitos de clientes, normas aplicáveis ao produto em análise, definições da engenharia ou como resultado de medições realizadas por uma pessoa considerada especialista na atividade em questão.

### 2.3.3 Procedimento de um Estudo R&R

A realização do estudo de R&R baseia-se numa sequência de procedimentos e coleta de dados específicos que garante uma base de dados necessária para gerar conclusões estatísticas (Abackerli, Pereira, Oliveira, & Miguel, 2015):

1. O operador A deve realizar a medição de cada amostra com uma sequência aleatória;
2. O responsável pela condução do estudo deve registar o resultado de cada medição, de forma a que o operador não consiga identificar a numeração das amostras.

Para registo, processamento dos dados coletados e retirar conclusões sobre os sistemas de medição avaliados, recomenda-se o uso de um software específico que realize todos os cálculos necessários conforme estipulado no manual do MSA;

3. Seleciona-se o operador B e repetir os primeiros dois passos de forma aleatória, regista-se igualmente os resultados;
4. Repete-se o terceiro passo com os restantes operadores;
5. Repete-se todo o procedimento mais três vezes para gerar três réplicas de medição para cada amostra, para cada operador.

#### 2.3.4 Análise ao Sistema de Medição por atributos

Os sistemas de medição por atributos são classes de sistemas que não têm como resultado das medições valores variáveis, os resultados das medições são valores fixos ou resultados únicos dentro de possibilidades finitas (Automotive Industry Action Group (AIAG), 2010).

Numa análise ao sistema de medição por atributos, um operador de atributo é aquele que faz a comparação de cada amostra a um conjunto específico de características e aceita a amostra se a peça for de encontro a essas características, no caso contrário a peça é rejeitada (Sweet, Tjokrodjojo, & Wijaya, 2005).

É comum nesses sistemas a utilização de padrões do gênero passa/não passa, OK/NOK, que têm apenas dois resultados possíveis. Porém, existem padrões do tipo subjetivo, que podem resultar em diferentes tipos de classificação, tais como: excelente, muito bom, bom, suficiente, mau, muito mau. No entanto, quantas mais as classificações usadas para o padrão, maior é o risco de serem tomadas decisões erradas em relação à capacidade do sistema.

A AIAG (2010) cita dois métodos para a análise ao sistema de medição por atributos: Análise do teste de hipóteses – método da tabela cruzada e método de análise do risco. Para efeito do estudo de caso desta dissertação, será introduzido sucintamente o método da análise do teste de hipóteses – método da tabela cruzada.

##### **Análise do teste de hipóteses – Método da tabela cruzada**

O objetivo deste método é determinar o grau de concordância dos resultados das avaliações entre operadores e/ou com a classificação do resultado padrão (Automotive Industry Action Group (AIAG), 2010). Para determinar o nível de concordância, é usado o índice Kappa, que mede a concordância entre as avaliações dos operadores. O valor 1 reflete uma concordância excelente e o valor 0 reflete uma discordância na avaliação dos operadores.

Em suma, para interpretar o valor de Kappa, obtido através da Equação 2, quando o valor de Kappa é menor ou igual a 0,40, o grau de concordância é pobre e o sistema de medição precisa de melhorias. Quando o valor de Kappa está entre 0,40 e 0,75, o grau de concordância é suficiente, existe espaço para melhorias. Por fim, quando o valor de Kappa é maior ou igual a

0,75, o grau de concordância é alto e pode ser classificado de bom a excelente (Automotive Industry Action Group (AIAG), 2010).

*Equação 2 – Método de cálculo do valor de Kappa*

$$Kappa = \frac{\sum P_o - \sum P_e}{1 - \sum P_e} \quad \text{onde: } P_o = \text{valor obtido} \\ P_e = \text{valor esperado}$$

Para reforçar os resultados de Kappa, pode-se calcular a eficácia. Vários testes de hipóteses entre cada par de operadores podem ser testados recorrendo á hipótese nula:  $H_0$ : corresponde á eficácia dos operadores ser sempre a mesma. Quando a percentagem da eficácia do sistema de medida fica dentro do intervalo de confiança, aceita-se a hipótese nula de que não existem diferenças na eficácia dos operadores. O cálculo da eficácia do sistema de medida é importante para reforçar as conclusões retiradas na análise do Kappa (Automotive Industry Action Group (AIAG), 2010). O resultado final da eficácia do sistema de medição em estudo é obtido através do número de decisões corretas sobre o número total de oportunidades para a decisão.

*Equação 3 – Método de cálculo da eficácia do sistema de medição*

$$Eficácia = \frac{\text{número de decisões corretas}}{\text{total de oportunidades para decisão}}$$

Para análise da eficácia são sugeridos os valores padrão do Manual de MSA (Automotive Industry Action Group (AIAG), 2010):

*Tabela 1 – Valores padrão para análise da eficácia*

Resultado da Eficácia	Sistema de medição:		
	Taxa de erro	Taxa de alarme falso	Decisão
$\geq 90\%$	$\leq 2\%$	$\leq 5\%$	Aceitável
$\geq 80\%$	$\leq 5\%$	$\leq 10\%$	Razoavelmente aceitável: pode precisar de melhorias
$< 80\%$	$> 5\%$	$> 10\%$	Inaceitável: precisa de melhorias



Apesar destes valores padrão é importante que a decisão final seja também suportada pela opinião do cliente e o impacto no processo.

## Capítulo 3

---

# A EMPRESA BOSCH CAR MULTIMEDIA

### 3. A EMPRESA BOSCH CAR MULTIMEDIA

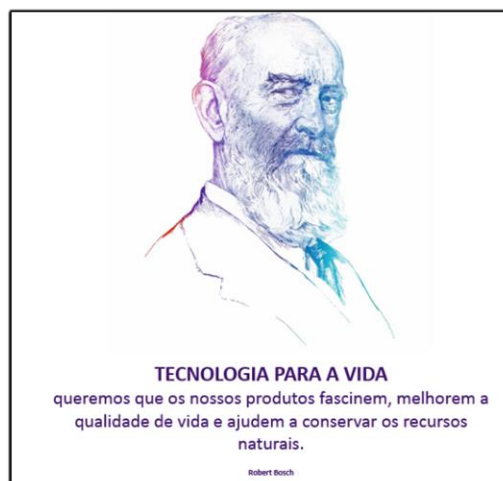
#### 3.1 Grupo Bosch

O Grupo *Bosch* é líder no fornecimento de tecnologia e serviços. Líder em *IoT* (Internet das Coisas), a *Bosch* oferece soluções inovadoras para casas e cidades inteligentes, mobilidade e indústria conectada. A empresa utiliza o seu conhecimento em tecnologia de sensores, softwares e serviços, bem como a sua própria *cloud IoT* para oferecer aos seus clientes soluções conectadas e em diversos domínios a partir de uma única fonte.



*Figura 5 – Logótipo do Grupo Bosch*

A *Bosch* melhora a qualidade de vida em todo o mundo com produtos e serviços inovadores e fascinantes. Desta forma, oferece mundialmente “Tecnologia para a vida”, slogan que caracteriza a empresa.



*Figura 6 – Filosofia de Robert Bosch*

As operações do grupo estão divididas em quatro unidades de negócio (Figura 7) e em todas elas a Bosch ocupa um lugar central como um dos maiores fornecedores a nível mundial, com principal destaque na tecnologia automóvel.



Figura 7 – As quatro unidades de negócio do Grupo Bosch

### 3.2 Grupo Bosch em Portugal

Presente em Portugal desde 1911, a *Bosch* é uma das empresas mais reconhecidas do país. Com uma presença consolidada, exporta mais de 95% da sua produção para mercados internacionais e tem vindo a alargar as atividades de investigação e desenvolvimento em hardware e software para diferentes áreas de negocio.

Hoje, o grupo *Bosch* é um dos maiores empregadores do país com 5200 colaboradores que contribuíram para gerar 1,7 mil milhões de euros em vendas internas em 2018. De olhos postos no futuro e focadas na inovação tecnológica, as fábricas *Bosch* em Aveiro, Braga e Ovar desenvolvem e produzem soluções de água quente, sensores e multimédia automóvel, e sistemas de segurança e comunicação respetivamente.

A sede do país está em Lisboa, onde são realizadas atividades de vendas, marketing contabilidade e comunicação para o grupo *Bosch*. Além disso a empresa possui também uma subsidiária da BSH Eletrodomésticos.

As exigências do mercado e o objetivo de tornar a *Bosch* líder em *IoT* são relevantes também para as atividades em Portugal.



Figura 8 - Representações do Grupo Bosch em Portugal

### 3.3 Bosch Car Multimedia Portugal

A *Bosch Car Multimedia* Portugal, localizada em Braga, pertence à Robert *Bosch* Portugal SGPS e é membro integrante do Grupo *Bosch* sediado em Estugarda, na Alemanha. A unidade de Braga é a maior de Portugal e uma das maiores em todo mundo.

A *Bosch* em Braga foi fundada em 1990 sob a designação *Blaupunkt* Auto-Radio Portugal Lda. e produzia autorrádios para a marca *Blaupunkt*. Em 2009, a divisão *Car Multimedia* foi reestruturada e a marca *Blaupunkt* foi vendida juntamente com o negócio do segmento de pós-venda (*aftermarket*) de rádios. Desde então, CM focou-se somente em equipamento original

para a indústria automóvel e a fábrica passou a denominar-se de *Bosch Car Multimedia Portugal, S.A.*



Figura 9 – Evolução do portefólio de produtos

Em 2012 fruto da procura de mercado para tecnologias cada vez mais avançadas, a *Bosch* em Braga e a Universidade do Minho assinam aquela que viria a ser a maior parceria de inovação em Portugal e uma das maiores parcerias entre empresa e universidade da Europa.

Hoje, as atividades da *Bosch* em Braga vão para além da produção de equipamentos inovadores de multimédia e sistema de segurança automóvel exportados para todo o mundo. Aqui podemos encontrar um dos centros da *Bosch* para o desenvolvimento de soluções para a mobilidade conectada e autónoma, com mais de 300 engenheiros.

Com quase 400 colaboradores na cidade, a *Bosch* em Braga é um dos grandes impulsionadores do ecossistema regional, contribuindo ainda para a atração e retenção de mão de obra altamente qualificada. Uma equipa altamente especializada e inovadora e com know-how tecnológico faz da *Bosch* em Braga a principal fornecedora do mercado automóvel.

Atualmente, BrgP (Braga *Plant*) produz um portefólio de produtos alargado que inclui sistemas de navegação, sistemas de instrumentação e autorrádios de alto nível para a indústria automóvel e sensores de ângulo de direção para o Sistema ESP.

A produção em Braga está dividida em dois departamentos, apresentados na Figura 10:

### MOE1 - Manufacturing Operations Engineering 1

- Processo de inserção automática
- Programação de circuitos internos

### MOE2 - Manufacturing Operations Engineering 2

- Montagem manual de componentes maiores
- Fresagem
- Montagem final

Figura 10 – Divisão dos departamentos de produção e suas funções

## 3.4 Organização de MOE2

MOE2 é responsável pela montagem final de produtos de diferentes áreas de negócio: Informações de Condução, Autorrádio, o Controle do Chassi, Sistemas Profissionais e Sistemas de instrumentação. Com base na mentalidade de melhoria contínua e no trabalho em equipa, a empresa esforça-se para oferecer produtos de alta tecnologia com a qualidade exigida, no prazo exigido e em alta produtividade.

Este departamento está dividido em doze secções. Dessas doze, dez estão ligadas diretamente à produção e estão divididas por área de negócio e clientes.



Figura 11 – Carteira de clientes da empresa Bosch

As outras duas são MOE2-P, que gere os projetos da área produtiva de MOE2, e MOE2-Q, secção responsável pela qualidade de processo em MOE2, onde se vai desenrolar o projeto da presente dissertação.



## Capítulo 4

---

### DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

## 4. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

### 4.1 Situação Inicial

Na *Bosch Car Multimedia*, no departamento de MOE2 todos os colaboradores que iniciam as funções como operadores de linha de produção têm uma formação de integração. No entanto a formação é muito generalizada, uma vez que a diversidade de produtos produzidos é muito grande, daí não ser dada a devida importância à especificidade de cada linha/produto onde o colaborador é alocado.

Após a formação o colaborador inicia os primeiros dias de aprendizagem com a respetiva chefia de linha (Chefia direta que lidera a respetiva equipa de trabalho). O chefe de linha devido ao excesso de tarefas diárias acaba por delegar essa função aos seus colaboradores mais antigos/experientes. Porém, se esses colaboradores estiverem a trabalhar ou a avaliar o produto de forma incorreta, vão ensinar mal os novos colegas de trabalho. Os colaboradores são também obrigados a conhecer o posto de trabalho através das instruções de trabalho disponíveis em cada estação de trabalho.

Existe nesta área uma oportunidade de melhoria para gerir melhor a aprendizagem e a capacidade dos colaboradores da empresa de modo a que tanto o colaborador como a empresa fiquem a ganhar.

### 4.2 Desafio do Cliente

A *Bosch Car Multimedia* em Braga adquiriu recentemente uma linha de produção resultante de uma transferência (transferência essa que foi denominada de “Projeto *DaVinci*”) de outra fábrica CM na Hungria.

Para a transferência acontecer foi preciso todo um processo de aprovação de linha por parte do cliente, a *Daimler*, respeitante a diversos parâmetros. Um dos pontos abertos por parte do cliente foi exatamente a avaliação subjetiva dos colaboradores. A pergunta foi: como é que a

empresa garante que todos os colaboradores avaliam os produtos corretamente e sempre da mesma forma entre eles e ao longo do tempo?

A *Bosch*, com o intuito de se adaptar aos requisitos da cliente, decidiu fazer um MSA (Análise ao Sistema de Medição) por atributos para analisar qual a variabilidade do seu sistema de medição (colaboradores).

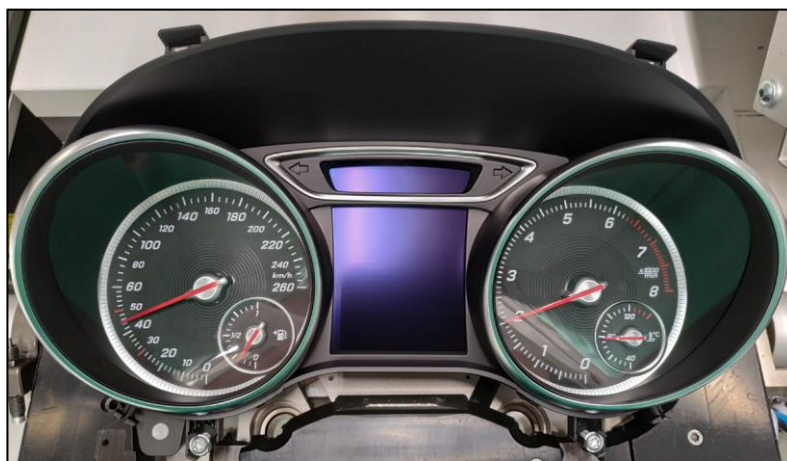
Se a variabilidade fosse alta poderia significar que estavam a ser enviados produtos defeituosos para o cliente ou até serem rejeitados produtos sem defeito na linha de produção.

Nesta linha de montagem final, caracterizada por linha 2DV2, são produzidas diariamente uma média de 420 unidades por cada turno (1º, 2º, 4º e 5º turnos). A necessidade de atenção e sintonia constante entre todos os colaboradores é enorme, de forma a garantir que a probabilidade de escapar uma unidade para o cliente final com algum defeito cosmético (unidade com uma contaminação, riscada, com rebarbas, borboto, etc...) seja escassa.

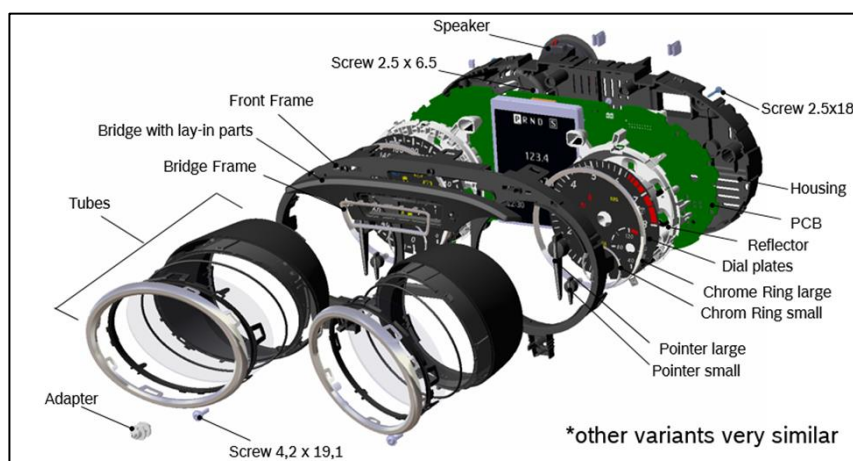
Os critérios de aceitação dos defeitos cosméticos da unidade são definidos pelas especificações do cliente disponíveis nos anexos I e II. O técnico de análise da linha é o suporte direto para análise de unidades rejeitadas objetivamente pelas estações de teste e subjetivamente pelos colaboradores e verifica se essas rejeições são reais ou se se tratam de falsas rejeições. Porém, o objetivo é que os colaboradores, sejam independentes para decidir entre o que é “bom” ou “mau”, para se produzir as quantidades desejadas.

### 4.3 Apresentação do produto

Na Figura 12 pode-se observar o aspeto visual de uma das variantes do produto *Daimler KIG* 1.3, alvo de estudo para esta dissertação.



*Figura 12 – Variante do produto Daimler KIG 1.3*



*Figura 13 – Vista explodida do produto Daimler KIG 1.3*

Este produto é um sistema instrumental usado em todas as variantes dos carros da conceituada marca automóvel Mercedes-Benz. É um produto que tem uma grande quantidade de peças como se pode observar na Figura 13. A montagem das peças que advém de um vasto número de fornecedores, é a função da linha 2DV2.

#### 4.4 Apresentação do processo produtivo

A linha de montagem final 2DV2 (Figura 14) é constituída por doze estações de trabalho, nas quais nove delas são estações de montagem (MF), três são estações com testes elétricos e funcionais (FCT20, FCT50 e SUB50), uma estação fora da linha (PAK50) para a etiquetagem e embalagem e ainda uma estação de análise com um técnico de eletrônica que analisa toda a rejeição de linha.

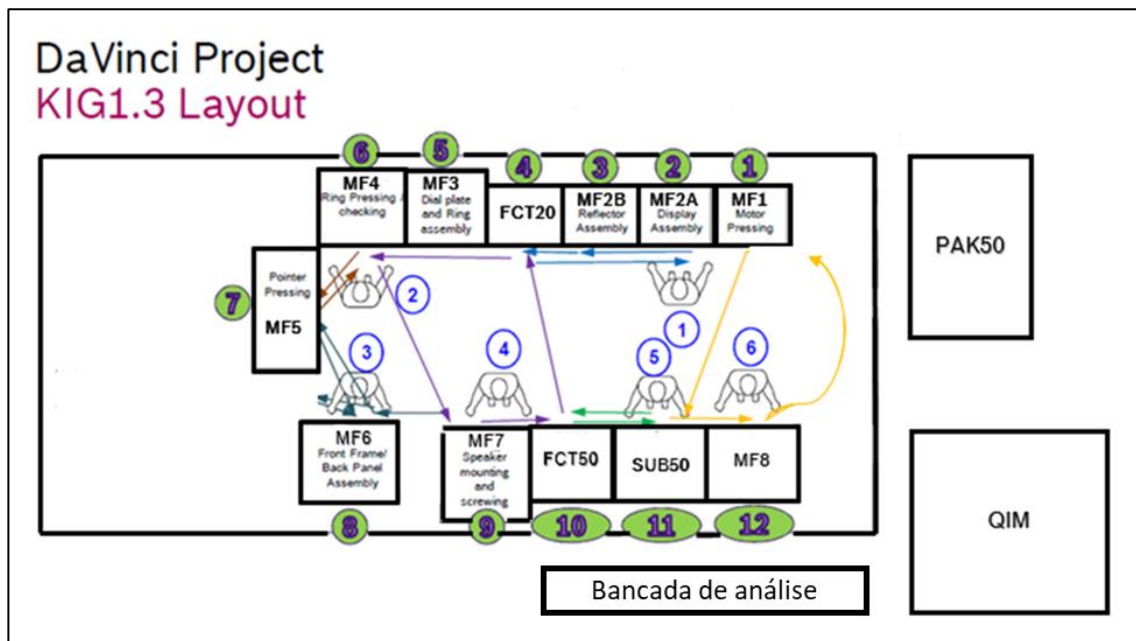


Figura 14 – Layout da linha 2DV2

Na linha 2DV2 é suposto que a inspeção subjetiva seja feita ao longo de todas as estações de uma maneira mais abrangente, mais propriamente quando é acrescentado valor ao produto com peças que têm grande importância nas características estéticas da unidade, ou seja, as peças que caso possuam defeito cosmético possam ser detetadas pelo cliente final. Porém o controle subjetivo é apenas contemplado nas instruções de trabalho em duas estações, o SUB50 e o MF8 conforme se pode observar no fluxograma da Figura 15. Nestes 2 postos são inspecionados todos os aspetos subjetivos conforme as especificações do cliente (Anexos I e II) seguindo uma ordem pré-definida na instrução.

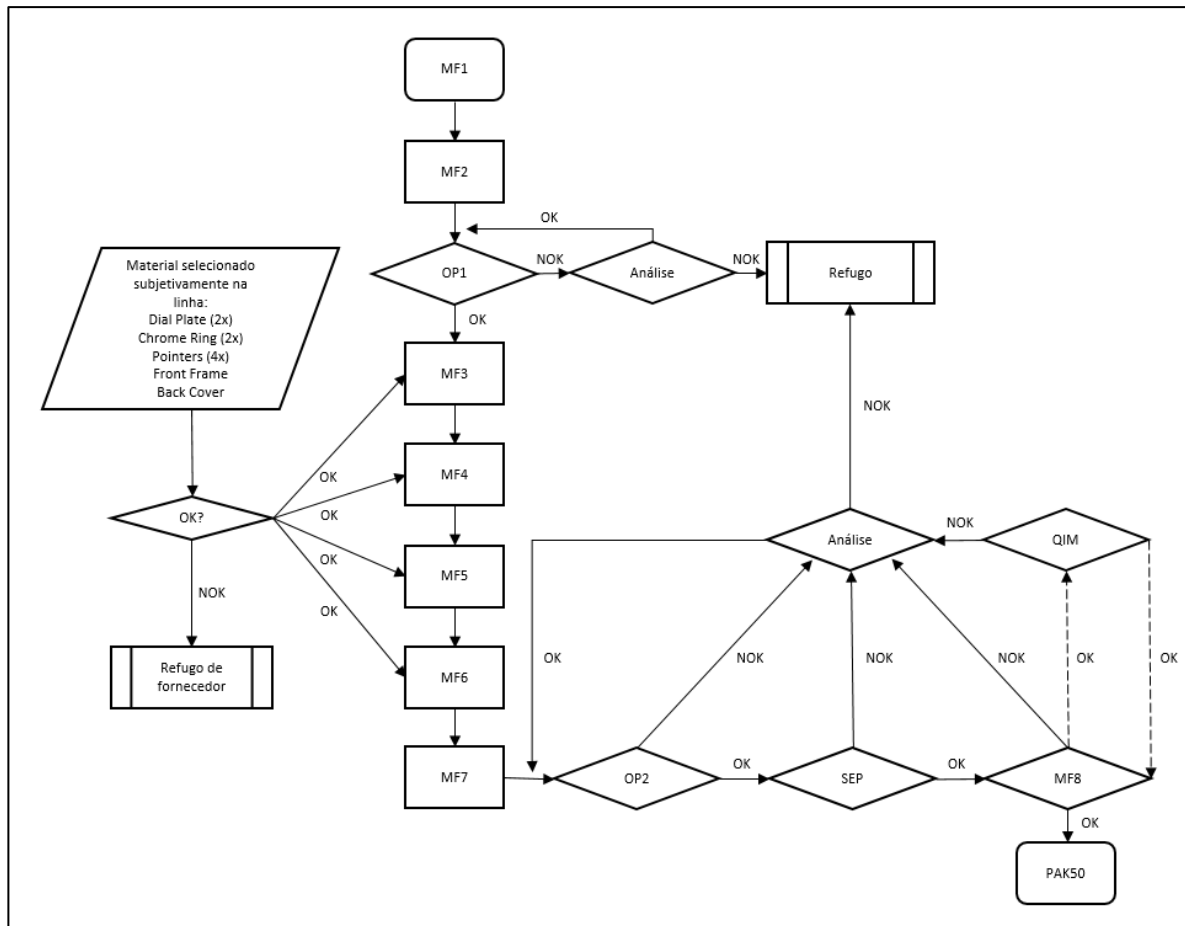


Figura 15 – Fluxograma da linha 2DV2

No SUB50 (SEP – SUB50 em húngaro) é feito um controlo mais específico e mais demorado a todas essas características, incluindo também testes objetivos á unidade, no MF8 é feita uma verificação mais generalizada para garantir que a unidade está OK antes de seguir para ser embalada. Ambas as inspeções são feitas a 100% das unidades produzidas.

Existe ainda o QIM, que é uma estação onde o controlo é feito por amostragem à primeira unidade produzida no inicio de cada turno e a uma percentagem de unidades de cada lote (palette). No caso de ser encontrada alguma não conformidade em alguma unidade, o lote é bloqueado e posteriormente conforme a análise de risco da equipa de engenheiros do produto, de processo e de qualidade, o mesmo é libertado ou é feita uma seleção a 100% ao lote. O QIM, além de testes subjetivos também tem testes elétricos objetivos à unidade. Um defeito encontrado na estação do QIM é tratado pela *Bosch* como se de uma reclamação de cliente se tratasse.

De forma a mapear todo o processo da linha de montagem final, esclarecer melhor todas as etapas e definir todos os fatores que têm impacto direto na execução do trabalho do colaborador, foi elaborado um diagrama SIPOC, apresentado na Figura 16.

SIPOC				
SUPPLIER	INPUTS	PROCESS	OUTPUTS	CUSTOMERS
Fornecedor PCB (MOE1) Fornecedor dos Stepper Motors	Stepper motors (4x) PCB Instruções de trabalho Contaminações Electricidade	MF1	PCB com Stepper motors	MF2A
MF1 Fornecedor do display Fornecedor de parafusos	PCB com Stepper motors Display Parafusos (3x) Instruções de trabalho Contaminações Electricidade	MF2A	Conjunto PCB + Display	MF2B
MF2A Fornecedor dos refletores	Conjunto PCB + Display Refletor (2x) Instruções de trabalho Contaminações Electricidade	MF2B	Conjunto PCB + Display + Reflectors	FCT20 (OP1)
MF2B	Conjunto PCB + Display + Reflectors Contaminações Instruções de trabalho Electricidade	FCT20 (Testes funcionais)	Conjunto PCB + Display + Reflectores Material para refugo	MF3
FCT20 (Testes funcionais) Fornecedor dos Dial Plates Fornecedor das Leading rubbers	Conjunto PCB + Display + Reflectors Dial Plates (2x) Leading rubbers (2x) Contaminações Instruções de trabalho Electricidade	MF3	Conjunto PCB + Display + Reflectores + Dial Plates + Chrome Ring	MF4
MF3 Fornecedor dos Chrome Ring	Conjunto PCB + Display + Reflectores + Dial Plates Chrome Ring (2x) Instruções de trabalho Electricidade	MF4	Conjunto PCB + Display + Reflectores + Dial Plates + Chrome Ring + Pointers Material de refugo	MF5
MF4 Fornecedor dos Pointers	Conjunto PCB + Display + Reflectores + Dial Plates + Chrome Ring Pointers (4x) Contaminações Process parameters (HW & SW) Instruções de trabalho Electricidade	MF5	Conjunto PCB + Display + Reflectores + Dial Plates + Chrome Ring + Pointers Material de refugo	MF6
MF5 Fornecedor do Front Frame e Housing Fornecedor Rubber buffers Fornecedor dos Customer screws Fornecedor adapter	Front Frame e Housing Rubber buffers (3x) Adapter Customer screws (2x) Ar ionizado Contaminações Instruções de trabalho Electricidade	MF6	Cluster fechado	MF7
MF6 Fornecedor do Speaker	Cluster fechado Speaker Instruções de trabalho Electricidade	MF7	Cluster completo	OP2 (FCT50)
MF7	Cluster completo Instruções de trabalho Electricidade	OP2 (FCT50)	Cluster completo Material de refugo	SEP
OP2 Fornecedor de etiquetas	Cluster completo Etiqueta Instruções de trabalho Electricidade	SEP (SUB50)	Cluster completo Material de refugo	MF8
SEP Fornecedor de Clips Fornecedor de caixa individual	Cluster completo Clips (2x) Caixa individual Instruções de trabalho Electricidade	MF8	Cluster completo com Clips dentro da caixa Material de refugo	PAK50
MF8	Unidade completa na caixa Etiqueta de caixa Instruções de trabalho Electricidade	PAK50	Paleta com 44 caixas (com unidades) etiquetadas	Daimler

Figura 16 – Diagrama de SIPOC da linha 2DV2

## Capítulo 5

---

# ESTUDO DE CASO



## 5. ESTUDO DE CASO

### 5.1 Seleção das Amostras

No processo de seleção das amostras, a *Bosch* com base na probabilidade de ocorrência, na severidade do problema e na dificuldade da detecção do mesmo definiu que deveriam ser utilizados 3 indicadores:

- Defeitos IRR (*Internal Rejection Rate*)
- Defeitos OKm (designação dada pela *Bosch* a reclamações do cliente)
- Defeitos QIM (*Product Release and Quality Inspection Manufacturing*)

O Daimler *Kig* 1.3, era um produto novo em Braga, não existia nenhuma reclamação de cliente OKm, e também não havia registo de reclamações OKm do cliente na *Bosch CM* na Hungria. Relativamente aos defeitos de QIM, existiam 3 registos em Braga (Por exigência do cliente: as primeiras 20000 unidades produzidas em Braga foram controladas a 100% pelo QIM):

- Dial fora de posição
- Ring mal montado
- Ponteiro trocado

Relativamente aos defeitos de IRR, foi feita uma análise de Pareto, disponível no anexo VII, para identificar as rejeições de linha com mais ocorrência dos últimos 3 meses de produção, estes dados estavam disponíveis numa base de dados alimentada diariamente pelos técnicos de análise com todas as rejeições de linha. Como resultado foram identificadas as rejeições da Tabela 2, depois foram filtradas a amarelo todas as rejeições visuais. Com base nestes dados, as contaminações em geral, a sujidade e arranhões nos *dial plates*, os ponteiros danificados, vidros, *front frames* e rings arranhados são os principais motivos de rejeição interna na linha com defeitos visuais.

Tabela 2 – Resultados do gráfico de Pareto

Tipos de Rejeições	Quantidade NOK	Acumulado (%)
Contamination in product	604	32,63%
FR and back plate join failure	149	40,68%
Dial plate Dirty	149	48,73%
Damaged Needle	117	55,05%
Screwing Fail	112	61,10%
Scratched Glass	94	66,18%
Ring Scratched	83	70,66%
Placing left reflector fails	77	74,82%
Needle not pressed	71	78,66%
Previous Workstation Failed	53	81,52%
Placing right reflector fails	46	84,01%
Screw not screwed totally	40	86,17%
DZM pressing force failure	39	88,28%
Other failure	39	90,38%
Ring has aesthetic failure	37	92,38%
Front frame scratched	34	94,22%
Dial plate scratched	32	95,95%
Flex cable connecting failure	29	97,51%
TANK pressing force failure	24	98,81%
Needle has barb	22	100,00%

Após a fase de seleção dos defeitos que seriam utilizados nas amostras da análise ao sistema de medição procedeu-se á angariação das mesmas.

Para alguns defeitos de IRR e para os defeitos do QIM que ocorrem muito raramente durante a produção foram criados os defeitos, de forma a agilizar o processo. Para os defeitos de IRR que aconteciam com mais regularidade foi pedido aos chefes de linha para que guardassem alguns exemplos para posterior seleção.

## 5.2 Análise da Causa dos Defeitos

A análise de Pareto permitiu identificar quais os defeitos mais frequentes, posteriormente, para entender as causas foram realizadas sessões brainstorming com os responsáveis pelos processos da linha de produção. Neste sentido efetuou-se uma análise de causa e efeito para a ocorrência e para a não detecção dos defeitos do *Kig* 1.3, recorrendo ao diagrama de causa e efeito ou *Ishikawa* e à técnica de brainstorming para auxiliar na identificação das causas.

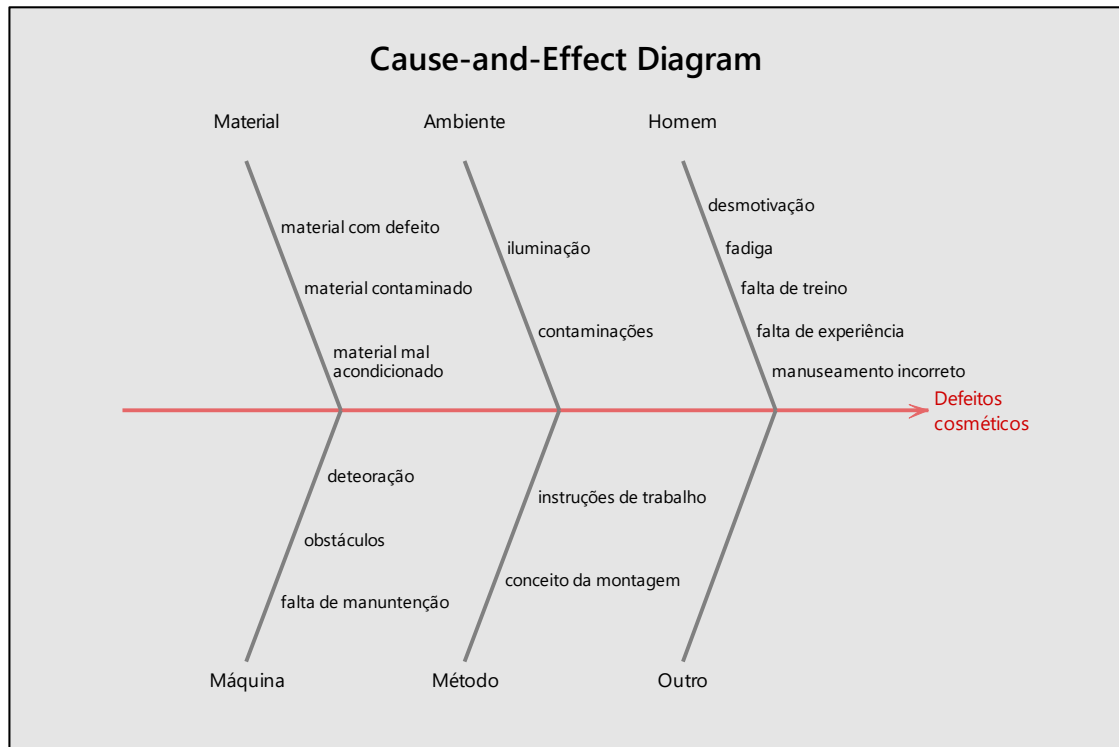


Figura 17 – Diagrama de causa e efeito dos defeitos cosméticos

De acordo com a Figura 17, podemos destacar as causas Homem, Material e Máquina como as que mais contribuem com subcausas para os defeitos que são detetados nas estações de avaliação subjetiva.

Na causa Homem foram identificadas subcausas para a parte da não detecção dos defeitos ligadas á falta de conhecimento do produto e as suas características, e para a ocorrência dos defeitos, foram identificadas subcausas relacionadas como o manuseamento do produto no próprio processo produtivo que podia originar danos nas unidades. Serviram estas subcausas para reforçar a importância de fazer uma análise ao sistema de medição por atributos.

A causa Material pode limitar a qualidade dos produtos bem como o fluxo normal da linha, pois se os defeitos ou contaminações nos materiais que chegam do fornecedor não são detetados de imediato nas estações onde são colocados, estes acrescentam custos em refugo de linha e perdas de produção pelo tempo desperdiçado a montar uma unidade que depois tem de ser desmontada para voltar a ser montada (retrabalho). Os defeitos também podem advir do mau acondicionamento do material na linha conforme se pode verifica na Figura 18.



*Figura 18 – Acondicionamento dos ponteiros nas rampas de abastecimento da linha*

Na causa Máquina temos os obstáculos nas estações de trabalho que podem provocar colisões com o produto conforme os exemplos da Figura 19 e por consequência defeitos, para além da falta de manutenção das mesmas que podem fazer com que o produto seja contaminado.



*Figura 19 – Marcas resultantes de colisões do produto com as estações de trabalho*

### 5.3 Melhorias para Redução dos Defeitos

Nas Figuras (Figura 20, Figura 21, Figura 22 e Figura 23) pode-se observar alguns exemplos de melhorias efetuadas na linha de produção para reduzir a quantidade de defeitos cosméticos na linha.

#### 5.3.1 Acondicionamento de material nas estações de trabalho

- **Antes:** *Dial Plates* armazenados de forma aleatória na imagem da esquerda, que provocavam danos cosméticos tanto no transporte para a linha como na utilização no processo;
- **Depois:** *Dial Plates* acondicionados com pinos feitos á medida, na imagem da direita.

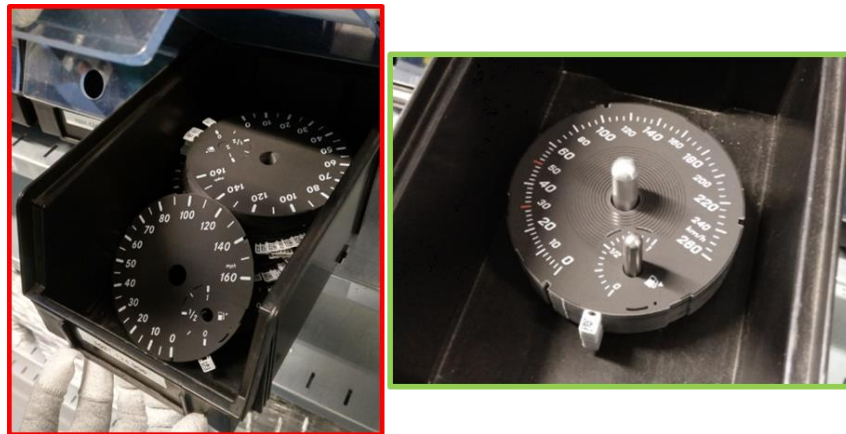


Figura 20 – Acondicionamento do material (antes e depois)

### 5.3.2 Estações Críticas de Montagem

Colocação de proteção de plástico em algumas estações críticas de montagem, de forma a prevenir contaminações de partículas do exterior (Figura 21).



*Figura 21 – Exemplo de uma estação com proteção*

Colocação de uma máquina de filtrar partículas no topo de um posto critico de montagem (Figura 22).

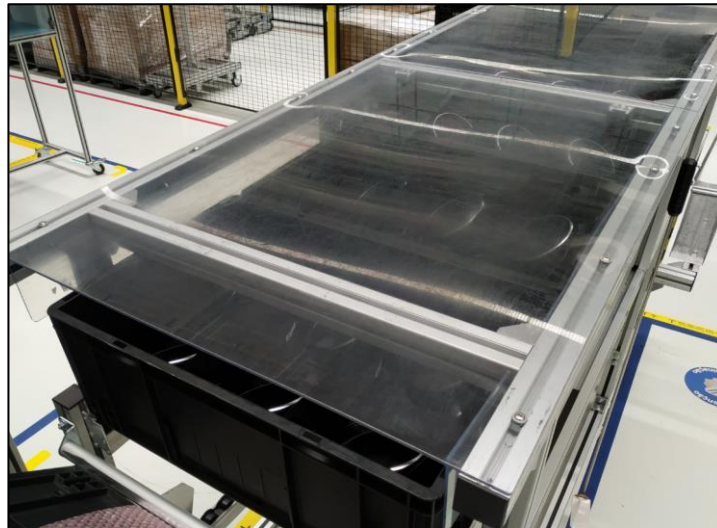


*Figura 22 – Posto de montagem com aspiração de partículas*



### 5.3.3 Abastecimento do material

Colocação de proteção de acrílico na rampa de abastecimento de algumas peças (Ex: *Front Frames*), para evitar contaminações no produto (Figura 23).



*Figura 23 – Rampa de abastecimento de front frames com proteção*

## 5.4 Análise ao Sistema de Medição por Atributos

### 5.4.1 Metodologia

Para este estudo foram utilizadas vinte amostras em que doze foram consideradas “NOK” (unidades com defeito) e oito foram consideradas “OK” (unidades sem defeito). As amostras foram colocadas de forma aleatória durante as medições. Foram distribuídas ao redor de uma mesa de forma oval numa sala com as condições de iluminação semelhantes às condições da linha e cada colaborador fazia esse circuito durante cada medição das amostras. Cada colaborador tinha dez segundos para avaliar a unidade como “OK” ou “NOK”. Cada colaborador realizou duas análises com pelo menos um dia de intervalo entre cada ciclo de medição. O inspetor registava a informação dos avaliadores com recurso a folhas de verificação disponíveis nos anexos III, IV e V. Neste estudo participaram todos os colaboradores alocados á linha de montagem final 2DV2. O chefe de linha, o técnico de análise e os colaboradores do QIM não foram incluídos.

As amostras “OK” e “NOK”, foram todas numeradas conforme a Tabela 3, com uma etiqueta numa zona que não é visível para o colaborador.

*Tabela 3 – Descrição do tipo de defeito de cada amostra*

<b>Amostra</b>	<b>Padrão</b>	<b>Tipo de Defeito</b>
<b>1</b>	NOK	Ponteiro danificado
<b>2</b>	NOK	Ponteiro trocado
<b>3</b>	NOK	Dial arranhado
<b>4</b>	NOK	Contaminação no Dial
<b>5</b>	NOK	Ring grande arranhado
<b>6</b>	NOK	Ring pequeno arranhado
<b>7</b>	NOK	Vidro arranhado
<b>8</b>	NOK	Front frame arranhado
<b>9</b>	NOK	Contaminação no Dial
<b>10</b>	NOK	Ring mal montado
<b>11</b>	OK	Sem defeito
<b>12</b>	OK	Sem defeito
<b>13</b>	NOK	Front frame arranhado
<b>14</b>	OK	Sem defeito
<b>15</b>	OK	Sem defeito
<b>16</b>	OK	Sem defeito
<b>17</b>	NOK	Dial fora de posição
<b>18</b>	OK	Sem defeito
<b>19</b>	OK	Sem defeito
<b>20</b>	OK	Sem defeito

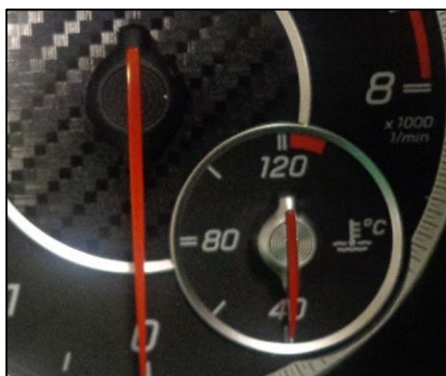
De seguida são apresentadas as fotografias com o tipo de defeito que caracteriza cada uma das amostras consideradas “NOK”.





*Figura 24 – Defeito cosmético da Amostra 1*

Na Figura 24 está representado o defeito da Amostra 1. Pode-se verificar que o ponteiro se encontra danificado por falta de cor vermelha.



*Figura 25 – Defeito cosmético da Amostra 2*

Tal como mostra a Figura 25, pode-se notar que ambos os ponteiros apresentam uma cor diferente (ponteiros trocados). Este é o defeito cosmético da Amostra 2.



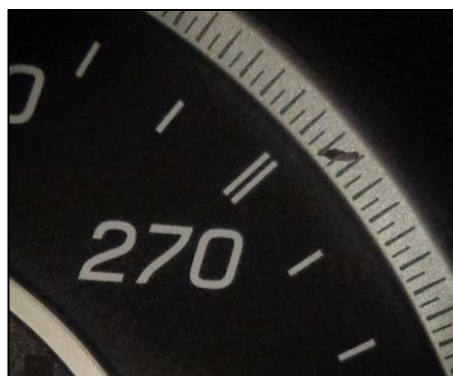
*Figura 26 – Defeito cosmético da Amostra 3*

Na Figura 26 pode-se ver um pequeno risco no *dial plate* no número 240. Este é o defeito cosmético da Amostra 3.



*Figura 27 – Defeito cosmético da Amostra 4*

Na Figura 27 pode-se notar uma falha de impressão no símbolo “AMG”. Este é o defeito cosmético da Amostra 4.



*Figura 28 – Defeito cosmético da Amostra 5*

Na Figura 28, é perceptível um risco no *ring* grande de um dos lados da unidade. Este é o defeito cosmético da Amostra 5.



*Figura 29 – Defeito cosmético da Amostra 6*

Na Figura 29, é visível um risco no *ring* pequeno do lado da indicação da temperatura. Este é o defeito cosmético da Amostra 6.



Figura 30 – Defeito cosmético da Amostra 7

Na Figura 30 é possível verificar que o vidro do *front frame* está arranhado. Este é o defeito cosmético da Amostra 7.

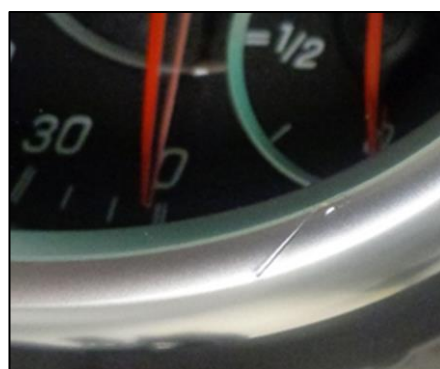


Figura 31 – Defeito cosmético da Amostra 8

Na Figura 31, pode-se observar que o *chrome ring* do *front frame* se encontra arranhado. Este é o defeito cosmético da Amostra 8.



Figura 32 – Defeito cosmético da Amostra 9

Na Figura 32, um exemplo de contaminação no *dial plate*. Este é o defeito cosmético da Amostra 9.



*Figura 33 – Defeito cosmético da Amostra 10*

Na Figura 33 é possível identificar defeito cosmético da amostra 10 que resulta de uma montagem incorreta por parte do operador.



*Figura 34 – Defeito cosmético da Amostra 13*

Na Figura 34 pode-se observar um defeito semelhante ao da amostra 8. Este é o defeito cosmético da Amostra 13.



*Figura 35 – Defeito cosmético da Amostra 17*

Na Figura 35 pode-se observar outro defeito resultante da montagem incorreta do *dial plate*. Este é o defeito cosmético da Amostra 17.

Após a fase de seleção e angariação das amostras iniciou-se a análise ao sistema de medição.

#### 5.4.2 MSA por Atributos - 1º turno

Na primeira tabela de recolha de dados no anexo IV, comparando com a tabela padrão, pode-se observar que os colaboradores 3, 5 e 7 obtiveram resultados de acordo com as referências, no entanto os restantes 5 colaboradores apresentaram resultados que não vão em conta com as referências.

Para analisar com mais detalhe os dados foi utilizado o Software Minitab.

#### Análise gráfica dos resultados

A análise efetuada teve por base o Método da Análise do Teste de Hipóteses - Método da Tabela Cruzada. Na Figura 36 podemos constatar o que foi dito anteriormente sobre o resultado dos colaboradores.

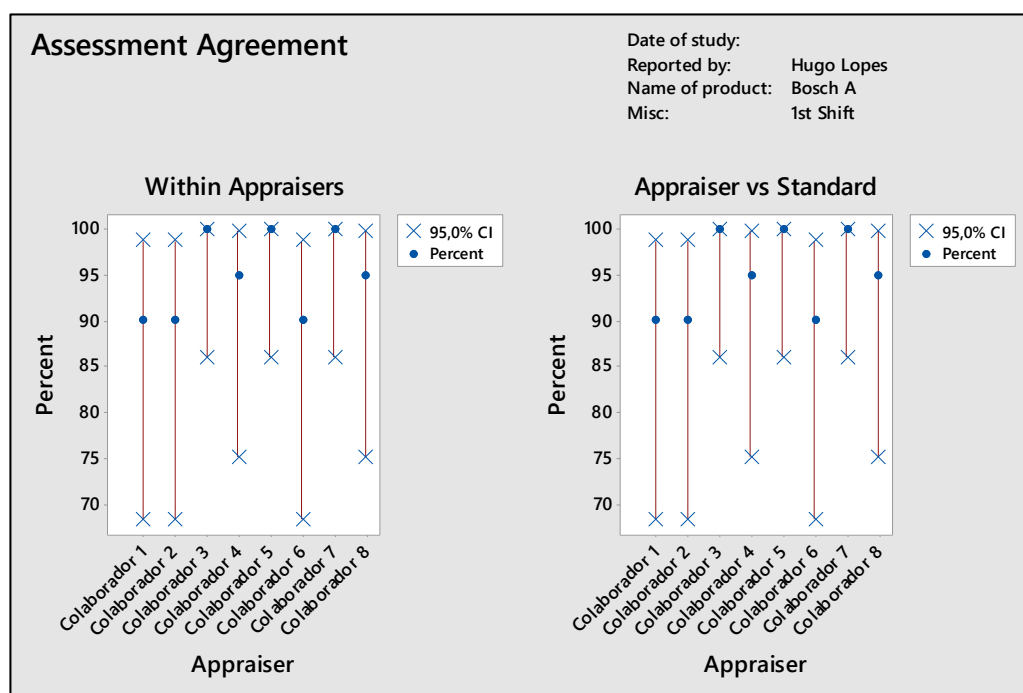


Figura 36 – Resultados gráficos do MSA – 1º turno

O gráfico à esquerda (*Within Appraisers*) evidencia a concordância dos avaliadores com uma pontuação percentual. O ponto mostra para cada colaborador a percentagem de medições em

que o colaborador concorda consigo mesmo. Portanto, no exemplo do estudo de caso acima, os colaboradores 3, 5 e 7 concordam consigo mesmo em 100% das vezes, ou seja, foram coerentes nas suas respostas nos dois ciclos de medição nas vinte amostras, os colaboradores 4 e 8 concordam consigo mesmo 95% das vezes, isto significa que, nas vinte amostras inspecionadas, estes colaboradores tiveram as mesmas respostas nos dois ciclos de medição em dezanove amostras (95% de 20 = 19), no entanto, as decisões deles não foram consistentes numa das amostra. Para os colaboradores 1, 2 e 6 a concordância foi de 90% (90% de 20 = 18), as decisões deles não foram consistentes em duas das amostras.

No gráfico à direita (*Appraiser vs. Standard*) pode-se contemplar os resultados do colaborador fazendo-se uma comparação com a referência padrão dos defeitos das amostras. (ou seja, com que frequência cada um dos colaboradores chegou à mesma decisão referenciada como resposta padrão). Os operadores 3, 5 e 7 além de serem coerentes com os próprios ao longo dos dois ciclos de medição realizados às vinte amostras também foram coerentes com a referência padrão. Os restantes operadores não foram coerentes com a referência padrão, neste caso os resultados da concordância com a referência padrão é o mesmo da concordância com os próprios ao longo das duas análises, 90% e 95% respectivamente.

Tendo por base os valores apresentados na revisão de literatura desta dissertação, pode-se concluir que em termos de concordância do próprio operador e concordância com a referência padrão, todos os operadores apresentam um sistema de medida aceitável ( $\geq 90$ ).

Considerando um intervalo de confiança de 95%, pode-se concluir que os 8 operadores possuem uma boa repetibilidade e também uma boa exatidão em relação à identificação de produtos “OK” e “NOK” para defeitos cosméticos relacionados com o produto.

### **Análise numérica dos resultados**

Para analisar os dados foi escolhido o método de análise de teste de hipóteses – Método da tabela cruzada.

#### **1. Análise da concordância do próprio colaborador**

Na Figura 37 pode-se constatar o que foi dito anteriormente relativamente à concordância de cada colaborador consigo mesmo. Os 8 colaboradores têm um sistema de medida aceitável, todos com uma eficácia com percentagem igual ou superior a 90%.

## Within Appraisers

### Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
Colaborador 1	20	18	90,00	(68,30; 98,77)
Colaborador 2	20	18	90,00	(68,30; 98,77)
Colaborador 3	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 4	20	19	95,00	(75,13; 99,87)
Colaborador 5	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 6	20	18	90,00	(68,30; 98,77)
Colaborador 7	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 8	20	19	95,00	(75,13; 99,87)

# Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

### Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Colaborador 1	F	0,79798	0,223607	3,56867	0,0002
	P	0,79798	0,223607	3,56867	0,0002
Colaborador 2	F	0,79798	0,223607	3,56867	0,0002
	P	0,79798	0,223607	3,56867	0,0002
Colaborador 3	F	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
	P	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
Colaborador 4	F	0,89770	0,223607	4,01463	0,0000
	P	0,89770	0,223607	4,01463	0,0000
Colaborador 5	F	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
	P	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
Colaborador 6	F	0,79798	0,223607	3,56867	0,0002
	P	0,79798	0,223607	3,56867	0,0002
Colaborador 7	F	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
	P	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
Colaborador 8	F	0,89770	0,223607	4,01463	0,0000
	P	0,89770	0,223607	4,01463	0,0000

Figura 37 – Resultados MSA - Within Appraisers – 1º turno

Estas conclusões são confirmadas pelo valor de *Kappa*, em que de acordo com os valores expressos na revisão de literatura, todos os colaboradores apresentam um grau de concordância elevado, uma vez que o valor é superior a 0,75 em todos os operadores. Desta forma pode-se concluir que em termos de repetibilidade os colaboradores apresentaram consistência durante as 2 medições.

## 2. Análise da concordância de cada colaborador vs. referência padrão

Na Figura 38 pode-se chegar á conclusão que os colaboradores 3, 5 e 7 têm uma concordância de 100% relativamente ao valor da referência padrão, portanto o sistema de medida destes colaboradores é aceitável. Os restantes colaboradores apresentam um valor de concordância



nos seus resultados quando comparados com os valores da referência padrão entre os 90% e 95%, estes valores também permitem que o sistema de medida seja considerado aceitável.

## Each Appraiser vs Standard

### Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
Colaborador 1	20	18	90,00	(68,30; 98,77)
Colaborador 2	20	18	90,00	(68,30; 98,77)
Colaborador 3	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 4	20	19	95,00	(75,13; 99,87)
Colaborador 5	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 6	20	18	90,00	(68,30; 98,77)
Colaborador 7	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 8	20	19	95,00	(75,13; 99,87)

# Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

### Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Colaborador 1	F	0,89899	0,158114	5,68571	0,0000
	P	0,89899	0,158114	5,68571	0,0000
Colaborador 2	F	0,89899	0,158114	5,68571	0,0000
	P	0,89899	0,158114	5,68571	0,0000
Colaborador 3	F	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
	P	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
Colaborador 4	F	0,94885	0,158114	6,00105	0,0000
	P	0,94885	0,158114	6,00105	0,0000
Colaborador 5	F	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
	P	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
Colaborador 6	F	0,89899	0,158114	5,68571	0,0000
	P	0,89899	0,158114	5,68571	0,0000
Colaborador 7	F	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
	P	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
Colaborador 8	F	0,94885	0,158114	6,00105	0,0000
	P	0,94885	0,158114	6,00105	0,0000

Figura 38 – Resultados MSA - Each Appraiser vs Standard – 1º turno

Pode-se reforçar a ideia através da análise do valor de *Kappa*, todos os valores indicam um bom grau de concordância (*Kappa* maior que 0,75).



### 3. Análise da concordância entre colaboradores

Nesta análise é medida a concordância entre os diferentes colaboradores e a mesma amostra, e verificando os dados da Figura 39, pode-se aferir que a reprodutibilidade dos 8 colaboradores apresenta uma concordância de 75% nas medições.

## Between Appraisers

### Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
20	15	75,00	(50,90; 91,34)

# Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

### Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
F	0,902813	0,0204124	44,2286	0,0000
P	0,902813	0,0204124	44,2286	0,0000

Figura 39 – Resultados MSA - Between Appraisers – 1º turno

O nível de concordância obtido pelo valor de *Kappa* é de 0,90. É um valor superior a 0,75 o que indica um bom grau de concordância entre os colaboradores.

#### 4. Análise da concordância entre colaboradores vs. referência padrão

Nesta última análise da Figura 40 podemos constatar que 75% dos resultados de todos os colaboradores estão em linha de concordância com referência padrão.

## All Appraisers vs Standard

### Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
20	15	75,00	(50,90; 91,34)

# Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.

### Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
F	0,949333	0,0559017	16,9822	0,0000
P	0,949333	0,0559017	16,9822	0,0000

Figura 40 – Resultados MSA - All Appraisers vs Standard – 1º turno

O nível de concordância obtido pelo valor de *Kappa* é de 0,94. É um valor superior a 0,75 o que indica um bom grau de concordância.

#### 5.4.3 MSA por Atributos - 2º turno

Na segunda tabela de recolha de dados no anexo IV, comparando com a tabela padrão, pode-se observar que os colaboradores 2, 3, 6 e 8 obtiveram resultados de acordo com as referências, no entanto os restantes 4 colaboradores apresentaram resultados que não vão em conta com as referências.

### Análise gráfica dos resultados

Na Figura 41 podemos constatar o que foi dito anteriormente sobre o resultado dos colaboradores.

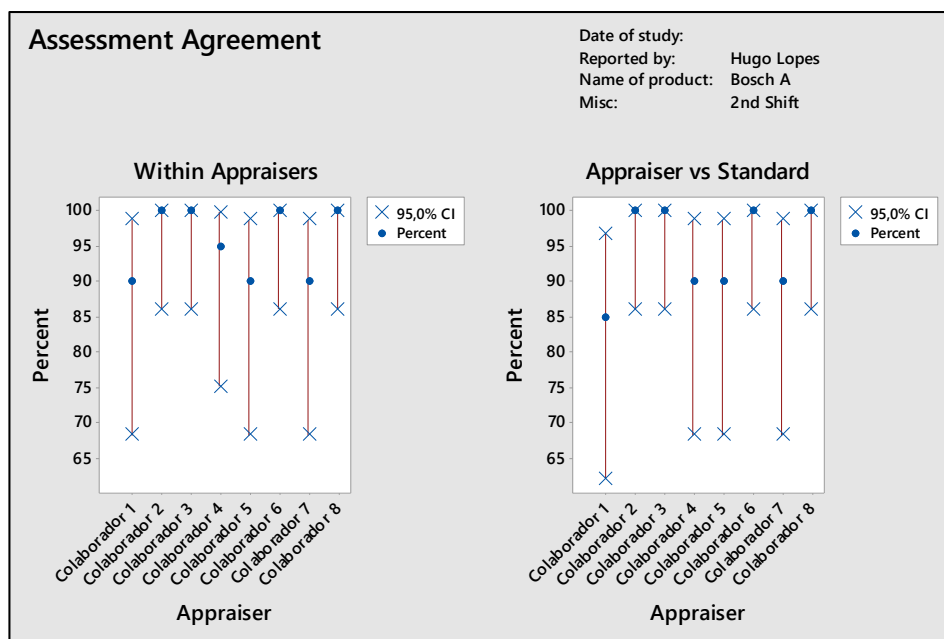


Figura 41 – Resultados gráficos do MSA – 2º turno

O gráfico à esquerda (*Within Appraisers*) evidencia a concordância dos avaliadores com uma pontuação percentual. O ponto mostra para cada colaborador a percentagem de medições em que o colaborador concorda consigo mesmo. Portanto, no exemplo do estudo de caso acima, os colaboradores 2, 3, 6 e 8 concordam consigo mesmo em 100% das vezes, ou seja, foram coerentes nas suas respostas nos dois ciclos de medição nas vinte amostras, o colaborador 4 concorda consigo mesmo 95% das vezes, isto significa que, nas vinte amostras inspecionadas, este colaborador teve as mesmas respostas nos dois ciclos de medição em dezanove amostras (95% de 20 = 19), no entanto, as decisões dele não foram consistentes numa das amostras. Para os colaboradores 1, 5 e 7 a concordância foi de 90% (90% de 20 = 18), as decisões deles não foram consistentes em duas das amostras.

No gráfico à direita (*Appraiser vs. Standard*) pode-se contemplar os resultados do colaborador fazendo-se uma comparação com a referência padrão dos defeitos das amostras. (ou seja, com que frequência cada um dos colaboradores chegou à mesma decisão referenciada como resposta padrão). Os operadores 2, 3, 6 e 8 além de serem coerentes com os próprios ao longo dos dois

ciclos de medição realizados às vinte amostras também foram coerentes com a referência padrão. Os restantes operadores também não foram coerentes com a referência padrão, os colaboradores 4, 5 e 7 obtiveram 90% na concordância com a referência padrão e o colaborador 1 obteve 85%.

Tendo por base os valores apresentados na revisão de literatura desta dissertação, pode-se concluir que em termos de concordância do próprio operador todos os operadores apresentam uma eficiência do sistema de medida aceitável ( $\geq 90$ ). Na concordância com a referência padrão o colaborador 1 com 85% apresenta um sistema de medição marginalmente aceitável, os restantes apresentam uma eficiência do sistema de medida aceitável ( $\geq 90$ ).

Considerando um intervalo de confiança de 95%, pode-se concluir que os 8 colaboradores possuem uma boa repetibilidade. Relativamente à exatidão, com a exceção do colaborador 1 que apresenta uma exatidão suficiente, todos os restantes colaboradores possuem uma boa exatidão na identificação de produtos “OK” e “NOK” para defeitos cosméticos relacionados com o produto.

## **Análise numérica dos resultados**

### **1. Análise da concordância do próprio colaborador**

Na Figura 42, pode-se constatar o que foi dito anteriormente na análise gráfica relativamente á concordância de cada colaborador consigo mesmo. Os 8 colaboradores têm um sistema de medida aceitável, todos com uma percentagem igual ou superior a 90%.

# Within Appraisers

## Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
Colaborador 1	20	18	90,00	(68,30; 98,77)
Colaborador 2	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 3	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 4	20	19	95,00	(75,13; 99,87)
Colaborador 5	20	18	90,00	(68,30; 98,77)
Colaborador 6	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 7	20	18	90,00	(68,30; 98,77)
Colaborador 8	20	20	100,00	(86,09; 100,00)

# Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

## Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Colaborador 1	F	0,80000	0,223607	3,57771	0,0002
	P	0,80000	0,223607	3,57771	0,0002
Colaborador 2	F	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
	P	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
Colaborador 3	F	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
	P	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
Colaborador 4	F	0,89975	0,223607	4,02380	0,0000
	P	0,89975	0,223607	4,02380	0,0000
Colaborador 5	F	0,79798	0,223607	3,56867	0,0002
	P	0,79798	0,223607	3,56867	0,0002
Colaborador 6	F	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
	P	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
Colaborador 7	F	0,79798	0,223607	3,56867	0,0002
	P	0,79798	0,223607	3,56867	0,0002
Colaborador 8	F	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
	P	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000

*Figura 42 – Resultados MSA - Within Appraisers – 2º turno*

Estas conclusões são confirmadas pelo valor de *Kappa* (Cohen), em que de acordo com os valores expressos na revisão de literatura, todos os colaboradores apresentam um sistema de medida aceitável, uma vez que o valor é superior a 0,75.

## 2. Análise da concordância de cada colaborador vs. referência padrão

Na Figura 43, pode-se chegar á conclusão que os colaboradores 2, 3, 6 e 8 têm uma concordância de 100% relativamente ao valor da referência padrão, portanto o sistema de medida destes colaboradores é aceitável. Os restantes colaboradores apresentam um valor de concordância nos seus resultados quando comparados com os valores da referência padrão entre os 85% e 90%. O colaborador 1, apresenta um valor de concordância de 85%, este valor é considerado marginalmente aceitável. Os restantes colaboradores com 90% de exatidão têm um sistema de medição considerado aceitável.

# Each Appraiser vs Standard

## Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
Colaborador 1	20	17	85,00	(62,11; 96,79)
Colaborador 2	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 3	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 4	20	18	90,00	(68,30; 98,77)
Colaborador 5	20	18	90,00	(68,30; 98,77)
Colaborador 6	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 7	20	18	90,00	(68,30; 98,77)
Colaborador 8	20	20	100,00	(86,09; 100,00)

# Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

## Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Colaborador 1	F	0,79847	0,158114	5,04999	0,0000
	P	0,79847	0,158114	5,04999	0,0000
Colaborador 2	F	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
	P	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
Colaborador 3	F	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
	P	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
Colaborador 4	F	0,84784	0,158114	5,36220	0,0000
	P	0,84784	0,158114	5,36220	0,0000
Colaborador 5	F	0,89899	0,158114	5,68571	0,0000
	P	0,89899	0,158114	5,68571	0,0000
Colaborador 6	F	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
	P	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
Colaborador 7	F	0,89899	0,158114	5,68571	0,0000
	P	0,89899	0,158114	5,68571	0,0000
Colaborador 8	F	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
	P	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000

Figura 43 - Resultados MSA - Each Appraiser vs Standard – 2º turno

Pode-se reforçar a ideia através da análise do valor de *Kappa*. Pode-se verificar que todos os valores têm um bom grau de concordância (*Kappa* maior que 0,75).

### 3. Análise da concordância entre colaboradores

Na análise onde é medida a concordância entre os diferentes colaboradores e a mesma amostra, verificando os dados da Figura 44, pode-se aferir que a reprodutibilidade dos 8 colaboradores apresenta uma concordância de 75% nas medições.

## Between Appraisers

### Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
20	15	75,00	(50,90; 91,34)

# Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

### Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
F	0,877049	0,0204124	42,9664	0,0000
P	0,877049	0,0204124	42,9664	0,0000

Figura 44 – Resultados MSA - Between Appraisers – 2º turno

O nível de concordância obtido pelo valor de *Kappa* é de 0,87, valor superior a 0,75 o que indica um bom grau de concordância entre os colaboradores.

### 4. Análise da concordância entre colaboradores vs. referência padrão

Nesta análise da Figura 45, podemos constatar que 75% dos resultados de todos os colaboradores estão em linha de concordância com referência padrão. O nível de concordância obtido (0,93) é superior a 0,75, o que perfaz um bom grau de concordância entre os colaboradores.

## All Appraisers vs Standard

### Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
20	15	75,00	(50,90; 91,34)

# Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.

### Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
F	0,930536	0,0559017	16,6459	0,0000
P	0,930536	0,0559017	16,6459	0,0000

Figura 45 – Resultados MSA - All Appraisers vs Standard – 2º turno

#### 5.4.4 MSA por Atributos - 4º turno

Na primeira tabela de recolha de dados no anexo V, comparando com a tabela padrão, pode-se observar que os colaboradores 2, 4 e 8 obtiveram resultados de acordo com as referências, no entanto os restantes 5 colaboradores apresentaram resultados que não vão em conta com as referências.

#### **Análise gráfica dos resultados**

Na Figura 46, no gráfico à esquerda (*Within Appraisers*) é evidenciada a concordância dos colaboradores com uma pontuação percentual. O ponto mostra para cada colaborador a percentagem de medições em que o colaborador concorda consigo mesmo. Portanto, no exemplo do estudo de caso acima, os colaboradores 2, 4 e 8 concordam consigo mesmo em 100% das vezes, ou seja, foram coerentes nas suas respostas nos dois ciclos de medição nas vinte amostras, os colaboradores 1, 5 e 7 concordam consigo mesmo 95% das vezes, isto significa que, nas vinte amostras inspecionadas, estes colaboradores tiveram as mesmas respostas nos dois ciclos de medição em dezanove amostras (95% de 20 = 19), no entanto, as decisões deles não foram consistentes numa das amostra. Para os colaboradores 3 e 6 a concordância foi de 85% (85% de 20 = 17), as decisões deles não foram consistentes em três das amostras.



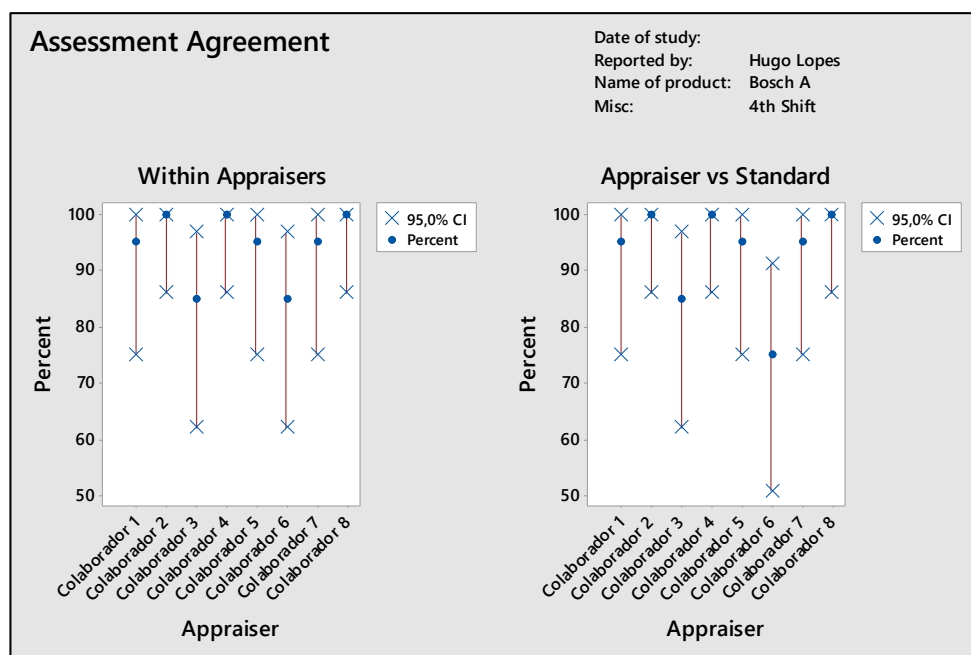


Figura 46 – Resultados gráficos do MSA – 4º turno

No gráfico à direita (*Appraiser vs. Standard*) pode-se contemplar os resultados do colaborador fazendo-se uma comparação com a referência padrão dos defeitos das amostras. (ou seja, com que frequência cada um dos colaboradores chegou à mesma decisão referenciada como resposta padrão). Os operadores 2, 4 e 8 além de serem coerentes com os próprios ao longo dos dois ciclos de medição realizados às vinte amostras também foram coerentes com a referência padrão. Os restantes operadores também não foram coerentes com a referência padrão, no caso dos colaboradores 1, 5 e 7 e do colaborador 3, os resultados da concordância com a referência padrão é o mesmo da concordância com os próprios ao longo das duas análises, 95% e 85% respectivamente. No caso do colaborador 6 o resultado da concordância com a referência padrão é de 75%.

Tendo por base os valores apresentados na revisão de literatura desta dissertação, pode-se concluir que em termos de concordância do próprio colaborador e concordância com a referência padrão, os colaboradores apresentam uma eficiência do sistema de medida aceitável ( $\geq 90$ ), á exceção dos colaboradores 3 e 6 na concordância com o próprio operador que é marginalmente aceitável. Também na concordância do operador com a referência padrão o colaborador 3 apresenta um sistema de medição marginalmente aceitável enquanto que o colaborador 6 apresenta um sistema de medição que não é aceitável.

Considerando um intervalo de confiança de 95%, pode-se concluir que os colaboradores 1, 2, 4, 5, 7 e 8 possuem uma boa repetibilidade e exatidão, os colaboradores 3 e 6 precisam de melhorias em relação á identificação de produtos OK e NOK para defeitos cosméticos.

## **Análise numérica dos resultados**

### **1. Análise da concordância do próprio colaborador**

Na Figura 47, pode-se constatar o que foi dito anteriormente na análise gráfica relativamente á concordância de cada colaborador consigo mesmo. Os colaboradores 1, 2, 4, 5, 7 e 8 têm um sistema de medida aceitável, todos com uma percentagem ( $\geq 90\%$ ), os colaboradores 3 e 6 com 85% têm um sistema de medição que é marginalmente aceitável.

# Within Appraisers

## Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
Colaborador 1	20	19	95,00	(75,13; 99,87)
Colaborador 2	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 3	20	17	85,00	(62,11; 96,79)
Colaborador 4	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 5	20	19	95,00	(75,13; 99,87)
Colaborador 6	20	17	85,00	(62,11; 96,79)
Colaborador 7	20	19	95,00	(75,13; 99,87)
Colaborador 8	20	20	100,00	(86,09; 100,00)

# Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

## Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Colaborador 1	F	0,89770	0,223607	4,01463	0,0000
	P	0,89770	0,223607	4,01463	0,0000
Colaborador 2	F	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
	P	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
Colaborador 3	F	0,69925	0,223607	3,12713	0,0009
	P	0,69925	0,223607	3,12713	0,0009
Colaborador 4	F	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
	P	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
Colaborador 5	F	0,89333	0,223607	3,99511	0,0000
	P	0,89333	0,223607	3,99511	0,0000
Colaborador 6	F	0,69309	0,223607	3,09961	0,0010
	P	0,69309	0,223607	3,09961	0,0010
Colaborador 7	F	0,89770	0,223607	4,01463	0,0000
	P	0,89770	0,223607	4,01463	0,0000
Colaborador 8	F	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
	P	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000

Figura 47 – Resultados MSA - Within Appraisers – 4º turno

Estas conclusões são confirmadas pelo valor de *Kappa*, em que de acordo com os valores expressos na revisão de literatura, os colaboradores com valor de *Kappa* igual ou superior a 0,40 apresentam uma concordância suficiente (são precisas melhorias), os colaboradores com valor de *Kappa* superior a 0,75 apresentam um bom grau de concordância. Desta forma pode-se concluir que em termos de repetibilidade os colaboradores 3 e 6 apresentaram consistência suficiente durante as 2 medições e os restantes apresentaram uma boa consistência durante os dois ciclos de medição.

## **2. Análise da concordância de cada colaborador vs. referência padrão**

Na Figura 48, pode-se chegar á conclusão que os colaboradores 2, 4, e 8 têm uma concordância de 100% relativamente ao valor da referência padrão, portanto o sistema de medida destes colaboradores é aceitável. Os restantes colaboradores apresentam um valor de concordância nos seus resultados quando comparados com os valores da referência padrão entre os 75% e 95%. Os colaboradores 1, 5 e 7 apresentam um valor de concordância de 95%, este valor é aceitável. O colaborador 3 com 85% de exatidão tem um sistema de medição considerado marginalmente aceitável. Enquanto que o colaborador 6 com 75% de exatidão tem um sistema de medição considerado não aceitável.

## Each Appraiser vs Standard

### Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
Colaborador 1	20	19	95,00	(75,13; 99,87)
Colaborador 2	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 3	20	17	85,00	(62,11; 96,79)
Colaborador 4	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 5	20	19	95,00	(75,13; 99,87)
Colaborador 6	20	15	75,00	(50,90; 91,34)
Colaborador 7	20	19	95,00	(75,13; 99,87)
Colaborador 8	20	20	100,00	(86,09; 100,00)

# Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

### Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Colaborador 1	F	0,94885	0,158114	6,00105	0,0000
	P	0,94885	0,158114	6,00105	0,0000
Colaborador 2	F	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
	P	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
Colaborador 3	F	0,84962	0,158114	5,37349	0,0000
	P	0,84962	0,158114	5,37349	0,0000
Colaborador 4	F	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
	P	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
Colaborador 5	F	0,94667	0,158114	5,98725	0,0000
	P	0,94667	0,158114	5,98725	0,0000
Colaborador 6	F	0,64962	0,158114	4,10858	0,0000
	P	0,64962	0,158114	4,10858	0,0000
Colaborador 7	F	0,94885	0,158114	6,00105	0,0000
	P	0,94885	0,158114	6,00105	0,0000
Colaborador 8	F	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
	P	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000

Figura 48 – Resultados MSA - Each Appraiser vs Standard – 4º turno

Pode-se reforçar a ideia através da análise do valor de *Kappa*. Pode-se verificar que todos os valores têm um grau de concordância considerado de nível bom a excelente (*Kappa* maior que 0,75), á exceção do colaborador 6 que tem uma *Kappa* = 0,64.

### 3. Análise da concordância entre colaboradores

Na análise onde é medida a concordância entre os diferentes colaboradores e a mesma amostra, verificando os dados da Figura 49, pode-se aferir que a reprodutibilidade dos 8 colaboradores apresenta uma concordância de 65% nas medições.

## Between Appraisers

### Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
20	13	65,00	(40,78; 84,61)

# Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

### Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
F	0,851610	0,0204124	41,7202	0,0000
P	0,851610	0,0204124	41,7202	0,0000

Figura 49 – Resultados MSA - Between Appraisers – 4º turno

O nível de concordância obtido pelo valor de *Kappa* é de 0,85, valor superior a 0,75 o que indica um bom grau de concordância entre os colaboradores.

#### 4. Análise da concordância entre colaboradores vs. referência padrão

Nesta análise da Figura 50 podemos constatar que 65% dos resultados de todos os colaboradores estão em linha de concordância com referência padrão. O nível de concordância obtido (0,91) é considerado excelente e superior a 0,75.

## All Appraisers vs Standard

### Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
20	13	65,00	(40,78; 84,61)

# Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.

### Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
F	0,917952	0,0559017	16,4208	0,0000
P	0,917952	0,0559017	16,4208	0,0000

Figura 50 – Resultados MSA - All Appraisers vs Standard – 4º turno

## 5.4.5 MSA por Atributos - 5º turno

Na segunda tabela de recolha de dados no Anexo V, comparando com a tabela padrão, pode-se observar que os colaboradores 1, 2, 3, 5 e 6 obtiveram resultados de acordo com as referências, no entanto os restantes 3 colaboradores apresentaram resultados que não vão em conta com as referências.

**Análise gráfica dos resultados**

Na Figura 51, o gráfico à esquerda (Within Appraisers) evidencia a concordância dos avaliadores com uma pontuação percentual. O ponto mostra para cada colaborador a percentagem de medições em que o colaborador concorda consigo mesmo. No exemplo do estudo de caso acima, os colaboradores 1, 2, 3, 5 e 6 concordam consigo mesmo em 100% das vezes, ou seja, foram coerentes nas suas respostas nos dois ciclos de medição nas vinte amostras, o colaborador 4 concorda consigo mesmo 95% das vezes, isto significa que, nas vinte amostras inspecionadas, este colaborador teve a mesma resposta nos dois ciclos de medição em dezanove amostras (95% de 20 = 19), no entanto, a decisão dele não foi consistente numa das amostras. Para os colaboradores 7 e 8 a concordância foi de 90% (90% de 20 = 18), as decisões deles não foram consistentes em duas das amostras.

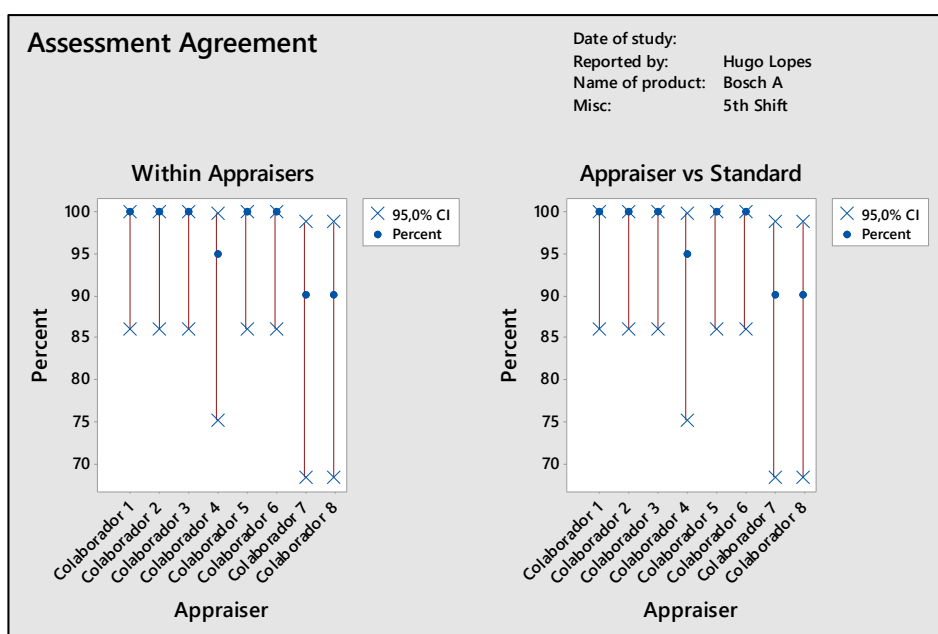


Figura 51 – Resultados gráficos do MSA – 5º turno

No gráfico à direita (Appraiser vs. Standard) pode-se contemplar os resultados do colaborador fazendo-se uma comparação com a referência padrão dos defeitos das amostras. (ou seja, com que frequência cada um dos colaboradores chegou à mesma decisão referenciada como resposta padrão). Os operadores 1, 2, 3, 5 e 6 além de serem coerentes com os próprios ao longo dos dois ciclos de medição realizados às vinte amostras também foram coerentes com a referência padrão. Os restantes operadores também não foram coerentes com a referência padrão, neste caso os resultados da concordância com a referência padrão é o mesmo da concordância com os próprios ao longo das duas análises, 95% e 90% respectivamente.

Tendo por base os valores apresentados na revisão de literatura desta dissertação, pode-se concluir que em termos de concordância do próprio operador e concordância com a referência padrão, todos os operadores apresentam uma eficiência do sistema de medida aceitável ( $\geq 90$ ). Considerando um intervalo de confiança de 95%, pode-se concluir que os 8 operadores possuem uma boa repetibilidade e também uma boa exatidão em relação à identificação de produtos OK e NOK para defeitos cosméticos relacionados com o produto.

### **Análise numérica dos resultados**

#### **1. Análise da concordância do próprio colaborador**

Na Figura 52, pode-se constatar o que foi dito anteriormente na análise gráfica relativamente à concordância de cada colaborador consigo mesmo. Todos os colaboradores têm um sistema de medida aceitável, todos com uma percentagem ( $\geq 90\%$ ).

# Within Appraisers

## Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
Colaborador 1	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 2	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 3	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 4	20	19	95,00	(75,13; 99,87)
Colaborador 5	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 6	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 7	20	18	90,00	(68,30; 98,77)
Colaborador 8	20	18	90,00	(68,30; 98,77)

# Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

## Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Colaborador 1	F	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
	P	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
Colaborador 2	F	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
	P	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
Colaborador 3	F	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
	P	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
Colaborador 4	F	0,89770	0,223607	4,01463	0,0000
	P	0,89770	0,223607	4,01463	0,0000
Colaborador 5	F	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
	P	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
Colaborador 6	F	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
	P	1,00000	0,223607	4,47214	0,0000
Colaborador 7	F	0,79798	0,223607	3,56867	0,0002
	P	0,79798	0,223607	3,56867	0,0002
Colaborador 8	F	0,79798	0,223607	3,56867	0,0002
	P	0,79798	0,223607	3,56867	0,0002

Figura 52 – Resultados MSA - Within Appraisers – 5º turno

Estas conclusões são confirmadas pelo valor de *Kappa* (Cohen), em que de acordo com os valores expressos na revisão de literatura, todos os colaboradores com valor de *Kappa* superior a 0,75 apresentam um nível de concordância considerado de bom a excelente. Desta forma pode-se concluir que em termos de repetibilidade todos os colaboradores apresentaram consistência durante as 2 medições.



## 2. Análise da concordância de cada colaborador vs. referência padrão

Na Figura 53 pode-se chegar á conclusão que os colaboradores 1, 2, 3, 5 e 6 têm uma concordância de 100% relativamente ao valor da referência padrão, portanto o sistema de medida destes colaboradores é aceitável. Os restantes colaboradores apresentam um valor de concordância nos seus resultados quando comparados com os valores da referência padrão entre os 90% e 95%, logo também são considerados aceitáveis.

## Each Appraiser vs Standard

### Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
Colaborador 1	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 2	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 3	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 4	20	19	95,00	(75,13; 99,87)
Colaborador 5	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 6	20	20	100,00	(86,09; 100,00)
Colaborador 7	20	18	90,00	(68,30; 98,77)
Colaborador 8	20	18	90,00	(68,30; 98,77)

# Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

### Fleiss' Kappa Statistics

Appraiser	Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
Colaborador 1	F	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
	P	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
Colaborador 2	F	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
	P	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
Colaborador 3	F	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
	P	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
Colaborador 4	F	0,94885	0,158114	6,00105	0,0000
	P	0,94885	0,158114	6,00105	0,0000
Colaborador 5	F	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
	P	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
Colaborador 6	F	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
	P	1,00000	0,158114	6,32456	0,0000
Colaborador 7	F	0,89899	0,158114	5,68571	0,0000
	P	0,89899	0,158114	5,68571	0,0000
Colaborador 8	F	0,89899	0,158114	5,68571	0,0000
	P	0,89899	0,158114	5,68571	0,0000

Figura 53 – Resultados MSA - Each Appraiser vs Standard – 5º turno

Pode-se reforçar a ideia através da análise do valor de *Kappa*. Pode-se verificar que todos os valores têm um nível de bom a excelente grau de concordância (*Kappa* maior que 0,75).

### 3. Análise da concordância entre colaboradores

Na análise onde é medida a concordância entre os diferentes colaboradores e a mesma amostra, verificando os dados da Figura 54 pode-se aferir que a reprodutibilidade dos 8 colaboradores apresenta uma concordância de 85% nas medições.

## Between Appraisers

### Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
20	17	85,00	(62,11; 96,79)

# Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

### Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
F	0,939099	0,0204124	46,0063	0,0000
P	0,939099	0,0204124	46,0063	0,0000

Figura 54 – Resultados MSA - Between Appraisers – 5º turno

O nível de concordância obtido pelo valor de *Kappa* é de 0,93, valor superior a 0,75 o que indica um excelente grau de concordância entre os colaboradores.

### 4. Análise da concordância entre colaboradores vs. referência padrão

Nesta análise da Figura 55, podemos constatar que 85% dos resultados de todos os colaboradores estão em linha de concordância com referência padrão, logo o sistema de medida é considerado aceitável. O nível de concordância obtido (0,96), que é considerado excelente.

## All Appraisers vs Standard

### Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
20	17	85,00	(62,11; 96,79)

# Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.

### Fleiss' Kappa Statistics

Response	Kappa	SE Kappa	Z	P(vs > 0)
F	0,968354	0,0559017	17,3224	0,0000
P	0,968354	0,0559017	17,3224	0,0000

Figura 55 – Resultados MSA - All Appraisers vs Standard – 5º turno

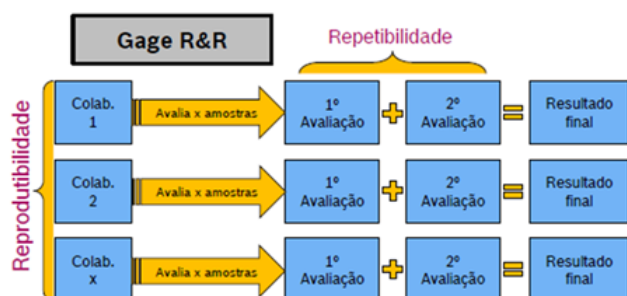
## 5.5 Impacto do Trabalho Desenvolvido

A empresa adotou este sistema para responder ao cliente *Daimler* e validar os colaboradores baseando-se no resultado da análise da concordância do colaborador comparada com a referência padrão onde assumiu o valor de 80% de concordância como valor mínimo aceitável para o colaborador estar apto para trabalhar em estações que exigem avaliações subjetivas.

Com os resultados da análise ao sistema de medição surgiu a necessidade de definir e criar um standard, disponível na Figura 56, para que o trabalho realizado na 2DV2 fosse replicado em todas as linhas e usado como boa prática a mostrar aos clientes.

## Avaliação do Sistema de Medição por atributos

### Fotos\Desenhos



### Objectivo

- Definição e standardização do método de avaliação

### Especificação

#### Tipo de medição:

- Método subjetivo (Gage R&R)
- Avaliação por atributos ("Passa, não passa"; "ok, nok";...)
- Formação realizada em ambiente igual ou similar ao processo produtivo.

#### A quem se aplica:

- personas que realizam atividades de avaliação subjetiva [SUB, outros postos em que a tarefa seja pedida nas IFC's]

#### Periodicidade da medição:

- Anual (seguimento de um plano pré-definido anualmente, podendo ser alterado conforme as prioridades e exigências dos clientes.)

#### Tipos de amostras:

- físicas ou fotografias

1

Internal | BrgP/MOE2-P

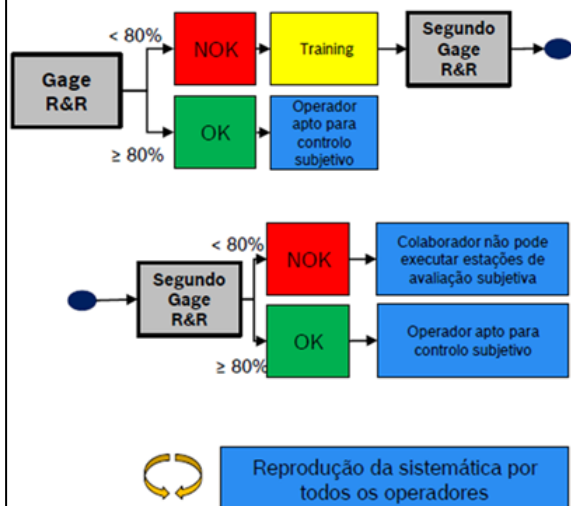
S\_MOE2\_133\_V01\_Avaliação do Sistema de Medição por Atributos

© Robert Bosch GmbH 2018. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.



## Avaliação do Sistema de Medição por atributos

### Fotos\Desenhos



### Objectivo

- Definição do método de avaliação

### Especificação

Obrigatoriedade de um mínimo de 80% na avaliação. (Exceto se for um requisito especial do cliente).

Se esse valor mínimo não for atingido (80%), é feita uma formação aos operadores e é repetido o Gage R&R. Se o resultado após formação e repetição (2ª tentativa) for NOT OK, os colaboradores não podem realizar tarefas de controlo subjetivo.

O resultado é enviado para o respetivo MOE2X e TL.

Área de aplicação: MOE2

2

Internal | BrgP/MOE2-P

S\_MOE2\_133\_V01\_Avaliação do Sistema de Medição por Atributos

© Robert Bosch GmbH 2018. All rights reserved, also regarding any disposal, exploitation, reproduction, editing, distribution, as well as in the event of applications for industrial property rights.



Figura 56 – Standard MOE2 BOSCH CM - MSA

O Standard, como foi dito anteriormente exige um mínimo de 80% de concordância colaborador quando comparado com a referencia padrão. Os colaboradores que não atingissem esse patamar eram encaminhados para uma ação de formação específica do produto da respectiva linha e depois repetiam a análise ao sistema de medição. No caso de voltarem a não atingir o valor de 80% na medição, esses colaboradores eram afastados de estações de cariz subjetivo. A periodicidade e validade do MSA foi definida como anual.

## Capítulo 6

---

# CONCLUSÕES

## 6. CONCLUSÕES

### 6.1 Conclusões Gerais

Neste capítulo é apresentada uma síntese de todo o trabalho desenvolvido na empresa. São também apresentadas algumas das limitações sentidas ao longo do projeto, bem como as recomendações para o trabalho futuro.

Este projeto teve como principal objetivo colmatar uma falha na empresa que foi exposta quando um dos seus clientes estratégicos exigiu garantias relativamente à avaliação subjetiva dos colaboradores de uma linha de produção aos seus produtos. O pretendido era validar os colaboradores que estavam a avaliar as unidades visualmente, essas unidades eram produzidas em grandes quantidades por 4 turnos. Para isso foi realizado um MSA por atributos de forma a analisar o sistema de medição (os colaboradores).

Para isto, foi preciso utilizar uma análise de Pareto para determinar os defeitos mais frequentes com base na rejeição da linha, uma análise causa-efeito para os defeitos cosméticos em geral. Com base na análise de Pareto retirou-se as principais e mais frequentes rejeições cosméticas na linha para serem usadas como amostras da análise ao sistema de medição.

Foi utilizada uma análise causa-efeito para se descobrir quais as causas dos defeitos. Concluiu-se que as principais causas eram as contaminações, os obstáculos das estações de trabalho e o material chegar com defeito do fornecedor. Para a ocorrência destes defeitos nos postos de controlo subjetivo e como principal causa para a não deteção surgiram a falta de treino e conhecimento sobre o produto.

Foram aplicadas algumas medidas para reduzir o número de defeitos:

- Nas contaminações, as estações de trabalho foram fechadas com plásticos na parte traseira de forma a isolar as contaminações do exterior, foi também colocado numa estação de trabalho crítica um aparelho de filtrar partículas que estão ao redor da estação de trabalho, não permitindo que as partículas se depositem com tanta facilidade.

- De forma a reduzir os obstáculos foram alterados ou mesmo removidos alguns suportes e alguns pinos que não eram necessários.
- Os problemas de material foram amenizados com alertas ao fornecedor para os principais problemas de qualidade e foi melhorado o acondicionamento de alguns materiais mais sensíveis.

Relativamente à não deteção por falta de treino e experiência dos colaboradores foi realizada uma análise ao sistema de medição para quantificar essa necessidade. Desta análise ao sistema de medição foi possível concluir que de uma forma geral existe pouca variabilidade no sistema e que o sistema de medição é aceitável.

O colaborador 6 no 4º turno, apresenta um sistema de medição não aceitável e aconselha-se uma ação de formação específica sobre o produto para posteriormente repetir a análise ao sistema de medição. Durante a fase de formação/aprendizagem do produto foi sugerido que se evitasse com que o colaborador cumprisse tarefas nos postos de avaliação subjetiva na linha. No 2º turno, o colaborador 1 e no 4º turno, o colaborador 3 apresentam um valor de concordância comparado com a referência padrão de 85%, apesar de ser um valor considerado marginalmente aceitável aconselha-se a que os mesmos estejam presentes na ação de formação específica sobre o produto.

Aconselha-se ainda uma pequena reunião com todos os colaboradores e que seja divulgado os resultados desta análise tentando perceber quais as amostras que geraram mais discordâncias entre eles e o padrão.

## 6.2 Limitações e Dificuldades

Durante este projeto surgiram varias dificuldades que limitaram o objetivo final. De realçar que foram utilizadas apenas 20 amostras para a análise ao sistema de medição quando o aconselhável são 50 amostras. Contudo por motivos essencialmente relacionados com custos não foi possível uma amostragem com mais de 20 amostras. As unidades utilizadas como amostras neste projeto, foram sucataadas no final, incluindo as amostras consideradas “boas”, uma vez que não era possível garantir a integridade das mesmas.



De realçar que a análise ao sistema de medição envolveu 32 colaboradores, muitos estavam descontraídos, porém alguns estavam um pouco reticentes por estarem a ser avaliados, o que envolveu uma abordagem diferente para criar o mínimo de desconforto possível.

Com as chefias de linha também se verificou alguma dificuldade, apesar de ser um projeto suportado pela empresa, cada ciclo da análise demorava em média 10 min (desde que o colaborador se ausentava da linha até voltar novamente para a linha), estes eram períodos contínuos em que a linha de produção trabalhava com menos um elemento e diminuía significativamente as quantidades produzidas, por esta razão, apenas foram realizados 2 ciclos de medição por cada colaborador ao invés de três como referenciado na fundamentação teórica, no segundo capítulo desta dissertação.

Com uma análise ao sistema de medição por atributos é possível retirar várias conclusões relativamente aos colaboradores e aos defeitos que geram mais discordância na avaliação dos colaboradores afetos á linha. É possível estabelecer standards de inspeção entre os colaboradores que assegurem a satisfação do cliente, e descobrir através dos defeitos com mais variabilidade nas avaliações as áreas onde é necessário treino.

### **6.3 Trabalho Futuro**

Para trabalho futuro recomenda-se que seja replicado este processo para todas as linhas que produzem produtos com características cosméticas importantes para o cliente final.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

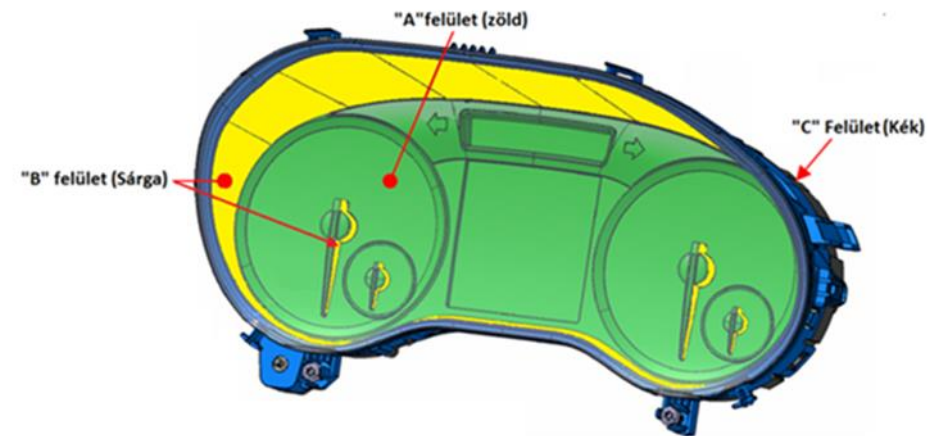
- Abackerli, A., Pereira, P., Oliveira, M., & Miguel, P. (2015). *Metrologia para a qualidade*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Agnes, M. (2006). *Webster's New World College Dictionary*. Banglore, Wiley India.
- Alshammari, M. (2015). Effective Brainstorming in Teaching Social Studies for Elementary School. *American International Journal of Contemporary Research*, 5(2), 60-65.
- Automotive Industry Action Group (AIAG). (2010). *Measurement Systems Analysis (MSA): Reference Manual. Fourth Edition*.
- Bayod, R. (2012). *Análise do Sistema de Medição em uma Linha Produtiva de Rodas*. Guaratinguetá: Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - Universidade Estadual Paulista.
- Crosby, P. (1982). The Management of Quality. *Research Management*, 25(4).
- Deming, W. (1986). *Out of the crisis*. Cambridge: MIT Center for Advanced Engineering.
- Deming, W. (1990). *Qualidade: a revolução na administração*. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva.
- Feigenbaum, A. (1994). *Total Quality Control*. Mc-Graw-Hill, Inc.
- Gill, J. (2009). Quality follows quality: add quality to the business and quality will multiply the profits. *The TQM Journal*, 21(5), 530 - 539.
- GOAL/QPC. (2002). *"The Black Belt Memory Jogger TM: A Pocket Guide for Six Sigma Success*.
- IQA (2004). *Análise de Sistemas de Medição - MSA, 2a edição*. São Paulo: Manual de Referência Instituto da Qualidade Automotiva.
- Ishikawa, K. (1993). *Controle da Qualidade Total: A maneira Japonesa*. Rio de Janeiro.
- Juran, J., & Godfrey, A. (1999). *Juran's Quality Handbook, 5th ed*. New York: McGraw-Hill.
- Kappele, W., & Raffaldi, J. (2006). Quality Software & Analysis: Gage R&R Improves Quality and Profitably. *Quality Magazine*.
- Kerzner, H. (2009). *Project Management: A Systems Approach to Planning Scheduling, and Controlling*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Manual de Referência MSA. (2010). *Análise dos Sistemas de Medição, 4a edição*.
- McKay, J., & Marshall, P. (2000). *Rethinking Current Conceptualizations Of Action Research*. Pacific Asia Conference on Information Systems.

- McQuater, R., Scurr, C., Dale, B., & Hillman, P. (1995). Using quality tools and techniques successfully. *The TQM Magazine*, 7, 37-42.
- Montgomery, D. (2008). *Introduction to Statistical Quality Control*. Arizona: John Wiley & Sons, Inc.
- Montgomery, D., & Runger, G. (2003). *Applied Statistics and Probability for Engineers*, 5a edição. New York.
- Neyestani, B. (2017). Principles and Contributions of Total Quality Management (TMQ). *Gurus on Business Quality Improvement*.
- Oakland, J. (1993). *Total Quality Management - The route to improving performance (2nd edition)*. Oxford: Butterworth Heinmann.
- Omachoru, V., & Ross, J. (2004). *Principles of total quality (3rd ed.)*. Boca Raton, Florida: Taylor & Francis.
- Paliska, G., Pavletic, D., & Sokovic, M. (2007). Quality tools - systematic use in process industry. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 25(1), 79-82.
- Paul, C., & David, C. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 22: 220-240.
- Pesic, M., Milic, V., & Stankovic, J. (2012). Significance of business quality management for increasing competitiveness of Serbian economy. *Serbian Journal of Management*, 7(1), 149-170.
- Pyzdek, T. (2003). *The six-sigma handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Level*. New York, USA: McGraw-Hill.
- Rotondaro, R. (2002). *Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços*. São Paulo: Atlas.
- Schissatti, M. (1998). *Uma metodologia de implantação de cartas de Shewarth para o controle de processos*. Florianópolis: Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, UFSC.
- Sila, I., & Ebrahimpour, M. (2003). Examination and comparison of the critical factors of total quality management (TQM) across countries. *International Journal of Production Research*, 41(2), 235-268.
- Susman, G., & Evered, R. (1978). An Assessment of the scientific merits of Action Research. *Administrative Science Quarterly*, 23(4), 582-603.




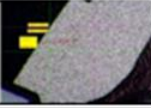
- Sweet, A., Tjokrodjojo, S., & Wijaya, P. (2005). An Investigation of the Measurements Systems Analysis, "Analytic Method" for Attribute Gages. *Quality Engineering*, 17(2), 219-226.
- Tarí, J., & Sabater, V. (2004). Quality tools and techniques: Are they necessary for quality management? *International Journal of Production Economics*, 92(3), 267-280.
- Valls, V. (2004). O enfoque por processos da NBR ISO 9001 e a sua aplicação nos serviços de informação. *Ciência da Informação*, 33(2), 172-178.
- Vieira, S. (2012). *Estatística para a qualidade*.
- Wang, F., & Chien, T. (2010). Process-oriented basis representation for a multivariate gauge study. *Computers & Industrial Engineering*, 58(1), 143-150.
- Weckenmann, A., Akkasoglu, G., & Werner, T. (2015). Quality Management - History and Trends. *The TQM Journal*, 27(3).
- Werkema, M. (1996). *Avaliação da Qualidade de Medidas. 1a edição*. Belo Horizonte: FCO.

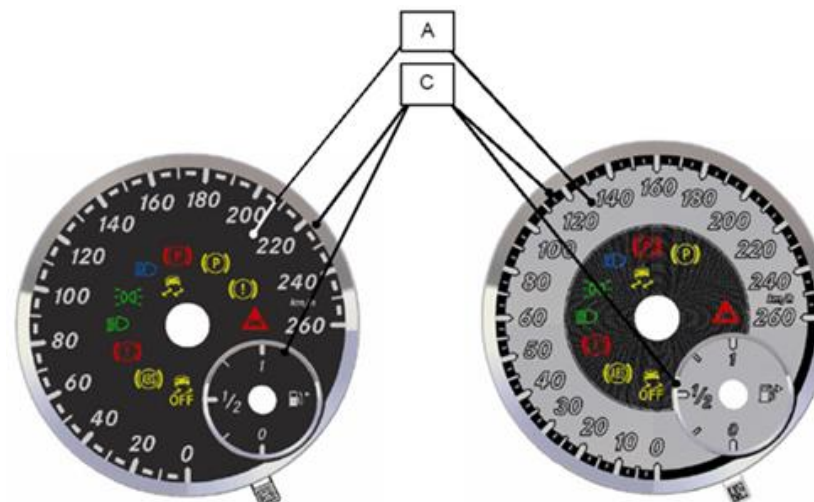
## ANEXO I – ESPECIFICAÇÕES DO PRODUTO

Types of imperfections		Acceptance criteria and incident light		
		Visible surface A	Visible surface B	Visible surface C
<b>Scratch</b> (shiny and matt)		not allowed	$\leq 0,1\text{mm} \times 3\text{mm}$ max. 1 x allowed	allowed
<b>Pore</b>		not allowed	0,2mm x 0,2mm allowed	allowed
<b>Fraction/Crack/Gap</b>		not allowed	not allowed	not allowed
<b>Depressions/Sprue</b> (Depressions, dents, bumps, sprues)		not allowed	not allowed <u>Exception:</u> Sprue area with $\leq 0,2\text{mm}$ Depth and $\leq 0,2\text{mm}$ Height allowed	allowed
<b>Flowlines, Shrink mark</b> (grayish shimmering streaks, strips, stripes)		not allowed	$\leq 0,2\text{mm} \times 3\text{mm}$ allowed	allowed
<b>Burr</b>		not allowed	$\leq 0,1\text{mm} \times 3\text{mm}$ allowed	allowed
Foreign parts/ Inclusions	<b>same colored</b> (bright pointson birght surface or dark pointson dark surface)	$\varnothing \leq 0,2\text{mm}$ allowed	$\varnothing \leq 0,2\text{mm}$ allowed	allowed
	<b>contrasting</b> (bright pointson dark surface or dark pointson bright surface)	$\varnothing \leq 0,1\text{mm}$ allowed	$\varnothing \leq 0,1\text{mm}$ allowed	allowed
Gloss loca- tion	<b>transparent/ illuminated parts</b>	not allowed	not allowed	allowed
	<b>non- transparent parts</b>	not allowed	$\leq 0,3\text{mm} \times 5\text{mm}$ allowed	allowed
<b>Discoloration</b>		not allowed	$\leq 0,3\text{mm} \times 0,3\text{mm}$ allowed	allowed
<b>Imprint</b>		not allowed	not allowed	allowed
<b>Print offset</b> (open edge, over printing)		$\leq 0,1\text{mm}$ allowed	$\leq 0,1\text{mm}$ allowed	$\leq 0,3\text{mm} \times 5\text{mm}$ allowed



## ANEXO II – ESPECIFICAÇÕES DO PRODUTO

Types of imperfections	Picture	Acceptance criteria	
		Visible surface A	Visible surface C
Scratch		B < 0,05 mm, L < 1,0 mm, 1 pcs. / Ø 50 mm allowed	allowed
Dents and bumps		not allowed	
Colorization mixed		elevated surface: not allowed no defect, until now only with mirrors recognizable (not elevated)	
Outline failure (e.g.: no complete dash and number)		0,1 mm allowed	
Line like streaks (visible line like dash/ strokes in the not scaled region)		not allowed	
Porous Locations / Holes / Spots (lack of paint/layer/material in a region)		Durchsicht: 0,1 mm allowed Light tightness at covering colors (black, silver) must remain guaranteed...	allowed
Gloss location (Gloss locations can be seen from a certain angle)		Incident light 0,1 mm allowed	allowed
Wrong color (e.g.: white strikes instead of red, black panel symbol visible)		not allowed	
Particle (all kind of particles/stamp residues, which cling on the dial plate)		not allowed	
	same colored (bright points on bright surface or dark points on dark surface)	Incident light ≤ 0,2 mm allowed	allowed
	contrasting (bright points on dark surface or dark points on bright surface)	Incident light ≤ 0,1 mm allowed	allowed



### ANEXO III – FOLHAS DE VERIFICAÇÃO / DADOS MSA

1st Shift Operators Data				4º Shift Operators Data			
1º Trial	2º Trial	Name	Score vs Attribute	1º Trial	2º Trial	Name	Score vs Attribute
x	x	Operador 1	90%	x	x	Operador 1	95%
x	x	Operador 2	90%	x	x	Operador 2	100%
x	x	Operador 3	100%	x	x	Operador 3	85%
x	x	Operador 4	95%	x	x	Operador 4	100%
x	x	Operador 5	100%	x	x	Operador 5	95%
x	x	Operador 6	90%	x	x	Operador 6	75%
x	x	Operador 7	100%	x	x	Operador 7	95%
x	x	Operador 8	95%	x	x	Operador 8	100%
2nd Shift Operators Data				5º Shift Operators Data			
1º Trial	2º Trial	Name	Score vs Attribute	1º Trial	2º Trial	Name	Score vs Attribute
x	x	Operador 1	85%	x	x	Operador 1	100%
x	x	Operador 2	100%	x	x	Operador 2	100%
x	x	Operador 3	100%	x	x	Operador 3	100%
x	x	Operador 4	90%	x	x	Operador 4	95%
x	x	Operador 5	95%	x	x	Operador 5	100%
x	x	Operador 6	100%	x	x	Operador 6	100%
x	x	Operador 7	90%	x	x	Operador 7	90%
x	x	Operador 8	100%	x	x	Operador 8	90%



## ANEXO IV – FOLHAS DE VERIFICAÇÃO

[illegible][illegible]

## ANEXO V – FOLHAS DE VERIFICAÇÃO

[illegible][illegible]

## ANEXO VI – DADOS DO MSA

Produto	Amostra	Padrão	Defeito	Score vs Attribute by sample 1º Shift	Score vs Attribute by sample 2º Shift	Score vs Attribute by sample 4º Shift	Score vs Attribute by sample 5º Shift
Daimler Kig	1	Fail	Damaged pointer	88%	50%	63%	100%
	2	Fail	Pointer changed	100%	100%	100%	100%
	3	Fail	Dial scratched	100%	88%	88%	100%
	4	Fail	Contaminant on letter	88%	100%	88%	100%
	5	Fail	Large ring scratched	100%	100%	100%	100%
	6	Fail	Small ring scratched	100%	100%	100%	100%
	7	Fail	Scratched glass	100%	100%	100%	100%
	8	Fail	Tube Scratched	75%	88%	75%	75%
	9	Fail	Contaminant on dial	75%	100%	100%	100%
	10	Fail	Badly assembled ring	75%	88%	75%	75%
	11	Pass	NA	100%	100%	88%	100%
	12	Pass	NA	100%	100%	100%	100%
	13	Fail	Tube Scratched	100%	88%	88%	88%
	14	Pass	NA	100%	100%	100%	100%
	15	Pass	NA	100%	100%	100%	100%
	16	Pass	NA	100%	100%	100%	100%
	17	Fail	Dial plate out of position	100%	100%	100%	100%
	18	Pass	NA	100%	100%	100%	100%
	19	Pass	NA	100%	100%	100%	100%
	20	Pass	NA	100%	100%	100%	100%

ANEXO VII – DIAGRAMA DE PARETO

